

X CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

MEMORIAS

COMPILADORES:

Dr. Ing. Rubén Mario Lurbé

Mg. Ing. Iván Barón

Esp. Arq. Miguel A. Risetto

Areas temáticas:

- Calidad, Higiene y Seguridad, RSE
- Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional
- Gestión de Operaciones y Logística
- Gestión Económica
- Innovación y Gestión de Productos
- La Educación en la Ingeniería Industrial
- Emprendedorismo e Ingeniería Industrial

COMITE ORGANIZADOR

COORDINACIÓN GENERAL

Dr. Ing. Aníbal Cofone
dir.industrial.UBA@gmail.com

Ing.Fernando Horman
fhorman@fi.uba.ar

Ing. León Horowicz
leonhorowicz@gmail.com

Esp. Arq. Miguel Risetto
miguelrisetto@gmail.com

Comité Científico

Dr. Ing. Aníbal Cofone
dir.industrial.UBA@gmail.com

Ing.Fernando Horman
fhorman@fi.uba.ar

Ing. León Horowicz
leonhorowicz@gmail.com

Dr. Ing. Rubén Mario Lurbé
mariolurbe@yahoo.com

Mg. Ing. Iván Barón
bsbingenieria@infovia.com.ar

Esp. Arq. Míuel A. Risetto
miguelrisetto@gmail.com

Área: CALIDAD, HIGIENE Y SEGURIDAD, RSE

SISTEMA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN PARA DIAGNOSTICO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA . Herrero, Lucas Damián

UNA SOLUCIÓN “INTEGRAL Y CASERA” PARA LA REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES (AS+3;+5 Y F- 1) EN AGUA. Martínez, John Henry ; Santa Cruz, Hernán; Zanoni, Héctor Raúl.

DESARROLLO SOSTENIBLE Y RIESGOS: LA HUELLA HÍDRICA COMO INDICADOR DEL CUIDADO DEL AGUA. Rezzónico, Ricardo y Jiménez, Rocío Pía

HERRAMIENTA PARA EL SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA EN PYMES. Gil Marcelo Rafael; Maccarone José Luis; Santanera Esperanza; Monasterio Ana Laura

INFLUENCIA DE LOS AMBIENTES TÉCNICO E INSTITUCIONAL EN LA DIFUSIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS DE CALIDAD. Meretta Javier, Gómez Carlos.

COMPLEJO RESPIRATORIO BOVINO Y ACIDOSIS, PRINCIPALES ENEMIGOS DE LOS FEEDLOT. Sánchez, Ariana; Cañete, Maria Violeta.

IMPACTO DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA E INDUSTRIAL EN LA CUENCA DEL RÍO RECONQUISTA. López Sardi, Mónica; Beltrán, Alexis; Halvorsen, Marco; Delgado, Neri; Giménez, Emiliano.

ANÁLISIS TÉCNICO, ECONÓMICO Y AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS EN LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL MUNICIPIO DE NAVARRO. Simonelli, Julián; González, Analía.

ESTUDIO DE LA DEMANDA DE MOVILIDAD CICLISTA EN EL ÁMBITO URBANO. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL SANTA FE. Sorba, Ivan Alejandro; Luy, Alejandro; Mercke, Germán; Arriondo, Rodrigo Nicolás.

DESARROLLO DE UN PLAN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA UTN – FRSN. Hetze, Vanesa; Barbieri, Norberto; Moreno, Natanael; Antonelli, Sofia; Sosa, Matias.

LOS CAMPUS UNIVERSITARIOS Y SU REALIDAD METABÓLICA. CASO UNGS. Abrevaya, Claudio Marcelo.

TRATAMIENTO DOMICILIARIO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS ORGÁNICOS Y SU ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD EN EL ENTORNO DE CABA, ARGENTINA. Willson, Victoria; Calcagno, Facundo Martín; Boeykens, Susana Patricia; Caracciolo, Néstor

ANÁLISIS DE RIESGOS Y OPORTUNIDADES SEGÚN ISO 9001:2015. CASO DE APLICACIÓN PRÁCTICA EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS BIOMÉDICOS. Senn, Jorge; Villa, Aníbal Agustín

CAPACIDADES DE MEDICIÓN DE OZONO Y RADIACIÓN UV EN PATAGONIA AUSTRAL Y SU PROYECCIÓN A LA COMUNIDAD. Aroca Bavich, Alejandro; Salvador, Jacobo; Repetto, Carla; Quiroga, Héctor; Reynoso, Natalia; L'huillier, Kevin; Quiroga, Jonathan.

DISEÑO DE FILTROS SUSTENTABLES PARA TRATAMIENTO DE EFLUENTES. Lopez, Tomás; Príncipe López, Jesús Benjamín; Mathov, Ariel; Alonso, Andrés Ezequiel; Caracciolo, Nestor; Boeykens, Susana

SISTEMA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN PARA DIAGNOSTICO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA - COINI 2017

Herrero, Lucas Damián

*Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Haedo – Ingeniería Industrial
París 532 - Haedo - Buenos Aires - Argentina (1706) (+ 5411) 4659-2575 int 122
(industrial@frh.utn.edu.ar - lherrero@vadekaservicios.com)*

RESUMEN.

El equipo de investigación de eficiencia energética de la Universidad tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo, en conjunto con Vadeka Servicios S.R.L, desarrollamos un sistema gestión de la información para diagnostico de eficiencia energética, y demostramos como se puede lograr una real experiencia de colaboración entre el ámbito privado y una universidad.

Se desarrolló una metodología de trabajo y herramientas que permite ordenar toda la información de una empresa con varias sucursales descentralizada, para asesorar a las mismas para la Contratación Óptima del Suministro de Energía Eléctrica, a partir de un análisis tarifario completo y un plan de reducción de costos energéticos, tomando en cuenta potencia y eficiencia de los equipos, potencia reactiva, consumos mínimos y máximos, y demás factores que pueden afectar. Basándonos en las directivas del CEPAL y sobre todo evaluar el papel de la eficiencia energética para frenar el crecimiento del consumo de energía.

En este proceso se desarrollaron distintos KPI'S con el fin de determinar el desempeño y oportunidades de mejora de las variables más significativas de la actividad, e indicadores de Eficiencia Energética más importantes que utilizamos en nuestros sistemas de gestión. Con este sistema se apunta a desarrollar un Plan de Mejoras Ambientales y energéticas con plazos de un año, y gestión en el desarrollo del mismo.

El proceso de implementación de este sistema en cada actividad es casi tan importante como el sistema en sí, ya que en esta fase nos permite descubrir la esencia del proceso en su totalidad, para planificar con mayor exactitud las mejoras del mismo y política de eficiencia energética.

Tomaremos en cuenta la información sobre los equipos que utilizan la energía y como lo hacen. También Información sobre lo que existe en la actualidad y cómo se desempeña, el estado del uso de la energía y un posible escenario de las mejoras y un potencial impacto de las mismas.

Palabras clave: Eficiencia, Tarifa, Indicadores, Proceso, Energía

Área temática: Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial y Responsabilidad Social Empresaria;

ABSTRACT

The PID of energy efficiency of the Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo, along with Vadeka Servicios SRL, developed a management information system for diagnosis of energy efficiency, and demonstrate how you can achieve a real experience of collaboration between the private and university.

A working methodology and tools that can sort all information in a company with several decentralized offices to advise them for Contracting Optimum Electric Supply, from a complete tariff analysis and reduction plan developed energy costs, taking into account power and efficiency of equipment, reactive power, minimum consumption and maximum, and other factors that can affect. Based on the directives of CEPAL and especially evaluate the role of energy efficiency to curb the growth of energy consumption.

In this process different KPI'S in order to determine the performance and opportunities for improvement of the most significant variables of the activity, and energy efficiency indicators important that we use in our management systems were developed. With this system it aims to develop a plan of environmental and energy improvements with terms of one year, and management in the development.

The process of implementing this system in each activity is almost as important as the system itself, since in this stage allows us to discover the essence of the whole process to more accurately plan improvements thereof and energy efficiency policy.

We will take into account information about the equipment they use energy and how they do it. Also information on what currently exists and how it works, the status of energy use and a possible scenario of a potential improvements and their impact.

SISTEMA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN PARA DIAGNOSTICO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

INTRODUCCIÓN

El manejo Eficiente de la Energía es una herramienta de gestión clave para reducir los costos de consumos energéticos de las empresas, cumplir con normativas vigentes y disminuir el impacto de futuros cambios tarifarios.

Hoy día existen varias tecnologías de controladores y sensores, pero que solo arrojan datos históricos, y envían señales en base a lo programado. Nosotros vamos un paso más, generar un sistema de gestión dinámico para esta información.

Es vital si tomamos un primer caso base de consumo energético, analizando valores cuantitativos como cantidades y tipo de consumos, nos estaríamos perdiendo de variables puntuales a cada caso de estudio como ser horarios, tecnología, precios de equipamiento, aislamientos, intercambios térmicos y pérdidas de carga, es por eso lo importante de un sistema de gestión integro que abarque todos los factores relevantes de uso y consumo eléctrico.

En la presentación del proyecto “Desarrollo sostenible y Eficiencia Energética en Argentina”, se plantearon algunas directivas por donde el programa en si se iba a dirigir. La primera seria la optimización del consumo en base a la gestión, la segunda seria la conservación en base a la gestión, y la tercera, y que demandaría mas desarrollo y recursos en base al cambio de tecnología.

1. DESARROLLO Y JUSTIFICACIÓN METODOLOGÍA DE TRABAJO

1.2. La Sustentabilidad como Herramienta de Gestión de Costos de eficiencia energética y ambiental

La Gestión de Costos energéticos y de recursos ambientales se mide y expone en forma clara los costos ambientales corrientes, futuros y potenciales brindando información para la toma de decisiones comerciales que se materialicen en cambios operativos y de mantenimiento, mediante inversiones en procesos tecnológicos o por el rediseño de los procesos obteniendo ventajas competitivas.



Figura 1 Medición de costos ambientales y energéticos.

1.3. Características de la Inversión en Eficiencia Energética

Asesoramiento económico y financiero sobre la gestión energética es vital, por eso es importante un sistema de gestión que ayude a estas decisiones.

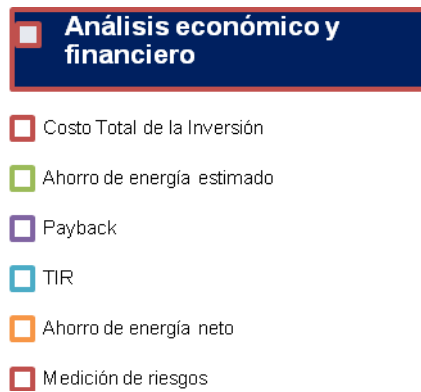


Figura 2 Contenido de análisis económico y financiero de Eficiencia Energética.



Figura 3 Ciclo de análisis.

1.4. Características de la Inversión en Eficiencia Energética

La disminución del consumo de energía se refleja en menores costos de operación y es una medida fundamental para mantener un crecimiento sustentable en las empresas a través de instalaciones más eficientes. Las medidas necesarias para lograr la Eficiencia Energética requieren inversión, pueden ser inversiones de capital para la adquisición de nueva tecnología o mejoras en el proceso productivo, manutención de los equipos e inclusive capacitación del personal para concientizarlo de la necesidad de hacer un uso racional de la energía.

La diferencia de una inversión en Eficiencia Energética frente a otras inversiones está en que los ingresos son generados por los ahorros de energía y no por las actividades que constituyen el core-business de la empresa.

Es necesario un análisis preciso de los aspectos físicos de la Eficiencia Energética, lo que significa que es necesaria su comprensión para la correcta traducción de estos datos físicos en el lenguaje de las inversiones.

1.5. Contratación Óptima del Suministro de Energía Eléctrica

Se basará en un proceso de contratación para optimizar el suministro de energía eléctrica efectuando auditorías periódicas de los parámetros consumidos, registrados y facturados de energía eléctrica; revisando oportunidades de mejora, penalizaciones e impuestos aplicados a los Establecimientos.

2. PROCESOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

Para el manejo eficiente de la Energía, debemos tener en cuenta los siguientes procesos:

- Contratación Óptima del Suministro de Energía Eléctrica, cuya finalidad es conseguir un ahorro económico, a partir de un análisis tarifario.
- Uso racional de Energía y Proyectos de Eficiencia Energética, para conseguir un Ahorro Económico, conseguir ahorro en el Consumo (KWh) y ahorro en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (Tn CO₂)
- Implementación de un Sistema de Costos Ambientales e informes de Gestión Ambiental, mediante el desarrollo de Software que se presentará a continuación.
- Las fases típicas de los proyectos basados en sistemas de control de consumo energético y reemplazo de equipos de baja eficiencia.

2.2. Implementación de software de eficiencia energética

El Software, desarrollado en conjunto con Vadeka Servicios S.R.L. y colaboradores del PID de Eficiencia Energetica de UTN Haedo, realiza las siguientes tareas:

- Carga de facturas de energía eléctrica, agua y gas.
- Análisis de facturas de energía eléctrica, agua y gas.
- Diseño de Sistema de Costos Ambientales de acuerdo a las necesidades.
- Definirá los indicadores de desempeño, gráficos, modelos y formatos de informes consensuados con la firma contratante.

Este software es un puntapié para 3 procesos fundamentales, auditorías energéticas, sistema de información energético y mantenimiento energético. Partiendo todos los procesos de indicadores energéticos significativo en base al proceso y al negocio, tomando en cuenta la domótica e inmotica, para llegar a un balance energético útil para quien utilice esta herramienta. Ideas de donde se desprende concepto como "edificios inteligentes" y reutilización de energética.

2.3. El proceso asociado a la utilización de esta herramienta

Este proceso se basa en 3 pilares:

- Relevamiento de documentación/información, se recopilará información existente y generará la necesaria con la finalidad de efectuar el análisis inicial.
- Diagnóstico General, establecer la situación actual del establecimiento, detectando puntos de mejora, fijando objetivos de corto y mediano plazo.
- Tablero de Control de Gestión Ambiental y Energético, diseño e implementación. Desarrollo de indicadores claves de desempeño. El software de gestión incluirá la información de consumos de servicios de energía eléctrica, agua, gas natural, residuos sólidos urbanos y otros impactos ambientales. Así mismo permitirá determinar de forma automática el cálculo de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero totales y aperturados.

De la información arrojada de este sistema, se podrá realizar y cuantificar un plan de Mejoras Ambientales y energéticas, detección de oportunidades de mejora de las variables más significativas de consumo y emisión. Se definirá la estrategia para la adaptación de las instalaciones existentes a tecnologías de ahorro energético, respetando las reglas del arte sin alteración el diseño existente.

Una Contratación Óptima del Suministro de Energía Eléctrica, a partir de un análisis tarifario y plan de reducción de costos energéticos. Monitoreo Online a través del Software del estado y trazabilidad de los reclamos. Realización de Informes de Control de Facturación, Gestión Energética y emisiones de CO₂.

Una Medición y Seguimiento de los proyectos, y se verificaran las mediciones del estado inicial respecto de las mejoras introducidas verificando y corrigiendo las desviaciones según necesidad.

3. ARQUITECTURA DEL SOFTWARE

Se penso en una métrica enfocada a aquellos aspectos relativos al desempeño de la empresa en cuanto a eficiencia energetica que resultan clave para lograr el éxito tanto hoy como en el futuro. O se que qué debemos hacer para incrementar de un modo extremadamente significativo el desempeño del proceso o negocio en cuenta al consume, o sea en nuestro caso, costos hundidos.

Por lo tanto, no hay herramientas más potentes para que un directivo entienda el día a día de su empresa como indicadores significativos o claves. Son la base del management actual, y que nos indican si vamos por el camino correcto de la ejecución de la estrategia de nuestra empresa y, como vemos desde el punto de vista de la eficiencia energética.

Estos Indicadores Clave del Desempeño, o también llamados “KPI” miden “inductores” del éxito, nunca “resultados”, y es que las métricas asociadas al desempeño nos indican qué hacer, mientras las de resultado nos dicen lo que hemos hecho (las primeras causan las segundas). Por eso es vital la versatilidad de la herramienta y el modulo de simulaciones energéticas en base a resultados históricos y futuros consumos.

Algo a tener muy en cuenta, es que en una empresa los indicadores claves de exito siempre han estado ahí, el tema es el manejo de la información que arrojan los mismos, y si los tomamos como relevantes.

3.1. En la arquitectura del Software, se tomaron en cuenta los siguientes parámetros

- Diseño multicliente.
- Validación de reportes antes de “publicación”
- Agrupamiento por sucursal/establecimiento
- Agrupamiento por región
- Agrupamiento por proceso o entidad
- Tipos de reportes electricidad

3.2. Datos de ingreso del programa

- Consumo del mes actual (kWh)
- Cantidad días mes actual
- Precio por kWh
- Costo mes actual.
- Consumo del mes año anterior (kWh)
- Cantidad días mes año anterior
- Costo mes año anterior
- Precio por kWh
- Potencia Instalada
- Potencia consumida

3.3. Indicadores de desempeño energético más utilizados

En general siempre debemos establecerlos específicamente para cada caso y, aunque lo hagamos así, hemos de ser conscientes de que este tipo de indicadores han de revisarse periódicamente, pues hay que evitar convertir determinadas métricas en “sagradas”, ya que si las circunstancias normativas o tecnológicas cambian, también los indicadores prioritarios

Utilizando estos, que son los más utilizados por distintos usuarios, el programa tendrá distintas alarmas que pueden ser configuradas en base a la esencia del proceso que se quiera contralar, en base a la naturaleza del negocio, a ser:

- Consumo excedido (+ 5%)
- Potencia excedida (+ 5%)
- Contratos de potencia (mal)
- Factor de potencia (mal)
- Costos excedidos

3.4. Otros servicios

Utilizando la misma arquitectura, se puede controlar también Gas y Agua, con el mismo tipo de reporte, como indicadores de base se podrán utilizar:

- Consumo del mes actual (m3/mes)
- Cantidad días mes actual.
- Precio por m3.
- Costo mes actual.
- Consumo del mes año anterior (m3/mes).
- Cantidad días mes año anterior.
- Costo mes año anterior.
- Precio por m3

4. PROCESO DE UTILIZACIÓN DE LA HERRAMIENTA

- Relevamiento de documentación/información: Se recopilara información existente y generará la necesaria con la finalidad de efectuar el análisis inicial
- Diagnostico General: Establecer la situación actual del establecimiento, detectando puntos de mejora, fijando objetivos de corto y mediano plazo.
- Tablero de Control de Gestión Ambiental y Energético: Diseño e implementación. Desarrollo de indicadores claves desempeño. El software de gestión incluye la información de consumos de servicios de energía eléctrica, agua, gas natural, residuos sólidos urbanos y otros impactos ambientales. El software también permite determinar de forma automática el cálculo de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero totales y aperturados.
- Plan de Mejoras Ambientales y energéticas: Detección de oportunidades de mejora de las variables más significativas de consumo y emisión. Se define la estrategia para la adaptación de las instalaciones existentes a tecnologías de ahorro energético, respetando las reglas del arte sin alteración el diseño existente.
- Contratación Óptima del Suministro de Energía Eléctrica: A partir de un análisis tarifario y plan de reducción de costos energéticos. Monitoreo Online a través del Software del estado y trazabilidad de los reclamos. Realización de Informes de Control de Facturación, Gestión Energética y emisiones de CO2.
- Medición y Seguimiento, se verificaran las mediciones del estado inicial respecto de las mejoras introducidas verificando y corrigiendo las desviaciones según necesidad.

4.1. Procesos a impactar con esta herramienta

- Verificación del encuadre en la Categoría Adecuada
- Reconstrucción de Capacidad de Suministro
- Penalización por Energía Reactiva
- Cambios en la Tensión de Alimentación
- Posibilidad de compra de Energía en el MEM (Mercado Eléctrico Mayorista)

4.2. Informe de contratación óptima de energía.

Este sistema aporta la información para la contratación óptima de suministro de energía eléctrica cuenta con la siguiente información:

- Matriz de Consumo de Establecimientos
- Informe mensual de cuadro tarifario
- Informes de energía reactiva
- Oportunidades de Mejora en la Contratación Óptima del Suministro de Energía Eléctrica
- Oportunidades de Mejora Implementadas
- Informe sobre situación Actual y perspectiva futura Mercado Eléctrico Minorista y Mayorista

4.3. Norma ISO 50.001

Con esta herramienta se desarrolla un proceso que tiene sus fundamentos en la Norma ISO 50.001 para que La Empresa pueda implementar un sistema de Gestión de Energía. Este será un

sistema de mejora continua que abarcará las 4 etapas del Ciclo de Deming y sus finalidades serán:

- Reducción de Costos Energéticos,
- Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
- Reducción de otros Impactos Ambientales.

El mayor valor agregado que posee un Sistema de Gestión de Energía radica en que es un proceso de Mejora Continua, partiendo de una Línea de Base Energética se cumplan los pasos típicos de este tipo de proceso.

5. CONCLUSIONES: PASADO, PRESENTE Y FUTURO

En la presentación del proyecto de Desarrollo sostenible y eficiencia energética en argentina se comentó de que se pondría mayor énfasis al decreto 140/2007 de que declara de interés y prioridad nacional el uso racional y eficiente de la energía, aprobándose los lineamientos del programa citado en dicho decreto, creándose plataformas federales de estadísticas de eficiencia energética, normas y protocolos para industrias y edificios, programas de financiamiento para proyectos de este tipo (FonaPyme) y programas de conversión tecnológica.

Se tomara en cuenta marcos regulatorios nacionales e internacionales, basándose de los programas de la Unión Europea para lograr estos objetivos.

Se creará una Red de colaboración de gestión Pública y células de eficiencia energética en todo el país.

Si bien hoy día existen herramientas para medición de consumo y ahorro energéticos, como controladores integrales de empresas como Schneider Electric y Danfoss (Serie MCX ó AK-SM), nos encontramos que no existía una herramienta de bajo costo y de manufactura argentina para esta función. Si bien se utilizan distintos sensores para la recolección de datos, es vital el sistema de gestión para manejar esta información, y adaptar las empresas al nuevo escenario energético que planteará el estado con su nueva política energética.

Con esta herramienta se quiere prestar un servicio útil a cualquier empresa, mediante un sistema de gestión de energía. Pudiendo ser este el puntapié para varios proyectos inherentes a la gestión de energía. Cabe el ejemplo de la recategorización y compra de energía en el mercado mayorista, si bien es un proceso que no solo se podría hacer con esta herramienta, la misma podría ser una fuente de información.

La idea para el futuro es que, utilizando esta herramienta, pueda ser el nexo entre las empresas, la tecnología y el estado.

4. REFERENCIAS.

- [1] Joaquín Navarro Esbrí y Francisco Molés Ribera (2015). Gestión energética en plantas industriales. 1ª Edición.
- [2] Antonio Carretero Peña y Juan M. García Sánchez (2015). Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora. Edición 2015. Editorial: AENOR
- [3] Ana María Díez Suárez, Alberto González Martínez, Álvaro de la Puente Gil, Laura de Sousa Díaz y Beatriz Vega Barrallo (2015). Eficiencia energética en las instalaciones de calefacción y ACS en los edificios. Edición 2015. Editorial: AVM
- [4] José María Fernández Salgado (2011). Eficiencia energética en edificios. Edición 2011. Editorial: AVM
- [5] Julieta C. Schallenberg Rodríguez, Gonzalo Piernavieja Izquierdo (2008). Energías renovables y eficiencia energética. Edición 2008. Editorial: Instituto Tecnológico de Canarias

Una solución “integral y casera” para la reducción de contaminantes ($\text{As}^{+3/+5}$ y F^{-1}) en agua

Martínez, John Henry ; Santa Cruz, Hernán; Zanoní, Héctor Raúl

FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA - Avenida Armada
Argentina 3555. X5016DHK Córdoba - Argentina. Tel: (54) 351 4938000 – ingsecre@uccor.edu.ar

RESUMEN

Continuando en la misma línea de estudio de años anteriores, surge un nuevo grupo de investigación con el objetivo de desarrollar una solución integral para la reducción de contaminantes (arsénico y fluoruros) de las aguas de pozo destinadas para consumo humano en zonas rurales con escasos recursos. Trabajos previos presentados por estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Católica de Córdoba (UCC) mostraron cómo lograron armar y hacer funcionar eficazmente, con materiales simples (dos botellas descartables, lana de acero, algodón y un paño), un filtro para reducir el contenido de arsénico del agua [1-2]. El estudio se llevó a cabo en San José del Boquerón (Santiago del Estero), en donde sus dos napas presentan altos contenidos de arsénico. Las personas de esta zona están expuestas a sufrir las consecuencias del Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE).

El nuevo desafío es diseñar un “filtro casero” para integrar de forma simple, y considerando los recursos disponibles en la zona afectada, elementos filtrantes de manera que todos los parámetros del agua para consumo estén dentro de lo sugerido por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Una de las mejoras del filtro originario se basa en lograr mayor durabilidad del elemento filtrante a base de hierro, y evitar así el aumento de la concentración de éste catión en el agua tratada tras cierto número reducido de ciclos de filtración, lo que dificulta su aceptación organoléptica. Además, se busca agregar una capa filtrante para reducir el contenido de fluoruros, que normalmente acompañan al arsénico, y cuyo consumo excesivo produce también graves enfermedades, desde fluorosis dental hasta fluorosis ósea incapacitante.

En esta nueva etapa de reingeniería se cambió el soporte del filtro por baldes de plástico reciclados de 20 litros de pintura. Como elemento filtrante se usó una mezcla de clavos y arena gruesa de obra, y se agregó una capa de carbón de hueso y leña, obtenida por calcinación a fuego directo.

Con las mejoras introducidas hasta el momento se han logrado filtrar más de 140 litros de agua sin necesidad de recambio de los elementos filtrantes. El contenido de arsénico resultante se reduce a los niveles aconsejados por la OMS (0,01 mg/l). El flúor se logra abatir por debajo de 1 mg/l, encuadrándose también bajo las regulaciones para agua potable (OMS <1,5 mg/l, pero deben tenerse en cuenta el volumen de agua consumida y la ingesta de otras fuentes). La concentración de hierro residual se encuentra alrededor del límite establecido por Código Alimentario Argentino en 0,3 mg/l (si bien la OMS no propone ningún valor de referencia para hierro, mencionando que puede llegar a 2 mg/l en agua para consumo considerando el 10% del la máxima ingesta diaria tolerable provisional).

Palabras Claves: agua para consumo, arsénico, fluoruros, HACRE.

ABSTRACT

In continuing the previous line of studying, we create a new research group with the aim of developing a whole solution for the reduction of contaminants (arsenic and fluorine) from well water for human consumption in poor areas. Previous papers of students of Industrial Engineering of the *Universidad Católica de Córdoba* (UCC) showed how to successfully make a filter to reduce the arsenic from water with simple materials such as two plastic bottles, iron wool, cotton and a piece of fabric [1-2]. This study was developed in *San José del Boquerón* (*Santiago del Estero* province), where the two present aquifers possess high amount of arsenic. People from this area suffer a regional chronic poisoning with arsenic called *Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico* (HACRE). Our new purpose is to develop a “homemade filter” that would integrate, in a simple

design and considering the local resources, its filtering elements in order to obtain water with all its parameters in accordance with the World Health Organization (WHO). One of the improvements of the original design of the filter is to increase the lifespan of the iron based filtering element and consequently, to avoid the concentration of this cation in the filtered water after few filtering cycles, which delays the organoleptic acceptance. Moreover, we pursue to add a filtrating layer in order to reduce the concentration of fluoride, which normally are present with the arsenic and causes severe sicknesses such as dental fluorosis or incapacitating bone fluorosis. In this redesign, the filter was changed in its support, using paint buckets of 20 liters. For filtering element was used a mixing of nails and gross sand, and also was added a layer of charcoal made with bone and wood, both obtained by direct fire calcination. With these improvements we could filter more than 140 liters of water without changing the filtering elements. The levels of arsenic have dropped reaching the WHO levels (0.01 mg/l). In addition, the fluoride dropped bellow 1 mg/l, which also fulfills the regulations for drinking water (WHO requires less than 1.5 mg/l, although it is important to consider, in addition, the amount of drunk water and its origin from other sources). The residual iron concentration is similar to regulations stated by the Argentinean Alimentation Code, which is 0.3 mg/l (the WHO does not state any reference value for iron, just mentioning that it could be up to 2 mg/l for drinking water, considering 10% of the maximum daily provisional tolerable consumption).

Key Words: drinking water, arsenic, fluorine, chronic arsenic poisoning.

1. INTRODUCCIÓN.

La porción de recursos hídricos que puede ser aprovechada para satisfacer el consumo humano, es cada vez más escasa, cuantitativa y cualitativamente. La gestión de los recursos de agua disponibles, como la provisión y saneamiento de agua potable constituye un desafío mundial, sobre todo en los países en desarrollo. El abastecimiento de agua para la población se puede realizar a partir de dos fuentes de características bien diferenciadas, como son las aguas superficiales y las aguas subterráneas. Las primeras abarcan lagos, ríos, embalses, entre otros, estando expuestas al medio ambiente y por tal causa son susceptibles a la contaminación. Las segundas, provienen de pozos, manantiales, o napas profundas. Su origen es del agua superficial que por infiltración pasa al acuífero, en este proceso el agua se purifica naturalmente, aunque se puede contaminar con ciertos componentes generalmente inorgánicos solubles. En este sentido, uno de los problemas más graves que enfrenta la utilización de agua subterránea es el contenido de elementos perjudiciales para la salud de quienes la consumen, como es el caso del arsénico ($\text{As}^{+3,+5}$) y el flúor (F^{-1}). En diversas regiones de nuestro país (Figura 1), la provisión de agua para bebida se ve seriamente dificultada por la existencia de agua subterránea con elevado contenido de arsénico, lo que la hace tóxica para el consumo.

El Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE) [3] es una enfermedad ambiental crónica cuya etiología está asociada al consumo de aguas contaminadas con sales de arsénico y que en algunas regiones del mundo es de carácter endémico. Los límites tolerables varían notablemente dependiendo en primer lugar de la cantidad de agua consumida en las regiones calurosas (se consume más agua que en las templadas) además del grupo étnico, la alimentación y otros factores. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda bajar el contenido de arsénico a 0,01 mg/l, pero no se trata de un límite tolerable, sino sugerido. En Argentina el valor adoptado interinamente por el Código Alimentario Argentino (CAA) es de 0,05 mg/l, que desde 2012 se ha prorrogado por cinco años más. En nuestro país las provincias expuestas al HACRE son 16: Salta, Jujuy, Tucumán, La Rioja, Catamarca, San Juan, Chaco, Santiago del Estero, San Luis, Mendoza, Córdoba, Santa Fe, La Pampa, Río Negro, Neuquén y Buenos Aires. Los habitantes de estas regiones son grupos más vulnerables a ciertos tipos de enfermedades, algunas de ellas muy graves, como el cáncer. El arsénico es una de las 10 sustancias químicas que la OMS considera más preocupantes para la salud pública. Por lo tanto, en este sentido se concluye inexorablemente en que la potabilización del agua para consumo es ineludible cuando el arsénico está presente.

Existen probados métodos para la eliminación exitosa de arsénico del agua, como por ejemplo: coagulación/filtración, ósmosis inversa, intercambio iónico, nanofiltración, ablandamiento con cal, adsorción con alúmina activada o zeolitas, entre otros métodos [4, 5]. Sin embargo, principalmente por el valor económico, y la necesidad de conocimientos técnicos para su operación, hace a la mayoría de estos métodos ineficaces para ser aplicados en ciertas zonas afectadas, ya que el producto va destinado a gente de bajos recursos, y en algunos casos sin disposición alguna de energía eléctrica.

Este proyecto surge por trabajos previos realizados por alumnos del último año de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Católica de Córdoba [1-2]. Ellos lograron construir y testear eficazmente, con recursos mínimos, un “filtro doméstico” para reducir el contenido de arsénico del agua. El principal desafío de este proyecto es transmitir el uso del dispositivo a la gente de la zona, sin modificar en mayor medida sus costumbres y tradiciones. Esto se ve acompañado con la proyección social que es una función de transferencia de conocimientos que la UCC ha adoptado como parte constitutiva de su modelo de enseñanza-aprendizaje. En este marco, se propone que estudiantes y docentes se involucren y contribuyan al desarrollo humano integral de la comunidad en la que la universidad se encuentra inserta, a través de diversas actividades, proyectos y programas que implican la construcción conjunta de acciones para abordar estas complejas realidades sociales desde distintas incumbencias disciplinares.



Figura 1 Distribución del contenido de arsénico de aguas subterráneas en Argentina. El círculo púrpura indica la zona donde se puntualiza el presente proyecto.

1.1. Localización.

El estudio está vinculado con la localidad de San José del Boquerón, que se ubica en la región norte de la provincia de Santiago del Estero - Argentina, sobre la ruta provincial 2, en el margen izquierdo del Río Salado (Figura 1). El ejido municipal de Boquerón abarca un área aproximada de 60 por 60 kilómetros, con una población que se encuentra distribuida en 96 caseríos, siendo 30 los más importantes. Muchos de ellos están insertos en el monte, sin acceso a los servicios básicos de agua corriente, red eléctrica, etc. Estas comunidades recurren al agua de pozo para consumo, a pesar de que sus dos napas presentan altas concentraciones de arsénico. Debido a que la población en cuestión se caracteriza por sus bajos recursos económicos y además la zona es de difícil accesibilidad, los habitantes se ven obligados a consumir agua de las napas contaminadas sin posibilidad alguna de tratamiento previo de potabilización.

1.2. Antecedentes de trabajos anteriores.

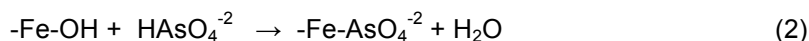
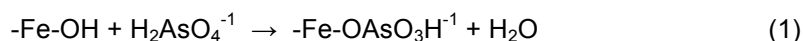
Los trabajos previos de la UCC con filtros tipo doméstico desarrollados con lana de acero comercial (virulana) como adsorbente han demostrado la eficacia del mismo para disminuir el contenido arsénico, siendo el principal inconveniente el hierro (Fe) que pasa al agua luego de 4 o 5 ciclos de filtrado. Lo anterior deja en el agua un gusto bastante desagradable, lo que genera un problema de aceptabilidad en la población. En la Tabla 1 se resumen los valores obtenidos en trabajos previos [2].

Tabla 1 *Análisis de agua surgente (220 m de profundidad) de San José de Boquerón, y luego de 6 ciclos de filtración de 20 litros cada uno. Análisis UCC y CEQUIMAP.*

Referencia		LABORATORIO CENTRAL - UCC		LABORATORIO CEQUIMAP – UNC	
		As (mg/l)	Fe (mg/l)	As (mg/l)	Fe (mg/l)
A0	Muestra del surgente	0,1	0,1	0,1262	ND
A1	1 ^{er} ciclo de 20 litros	0,05	0,2	0,0469	0,1
A2	2 ^{do} ciclo de 20 litros	0,05	0,2	-	-
A3	3 ^{er} ciclo de 20 litros	0,01	0,3	0,0072	0,1
A4	4 ^{to} ciclo de 20 litros	0,01	0,3	-	-
A5	5 ^{to} ciclo de 20 litros	0,01	1	-	-
A6	6 ^{to} ciclo de 20 litros	0,01	1	0,0077	0,61

ND: no detectado, -: no analizado

El éxito del filtro anterior, con respecto a la llegada a la comunidad, se basó en la simpleza. Se parte de dos botellas PET descartable de alguna bebida gaseosa, lana de vidrio comercial, un tapón de algodón y un trozo de lienzo. Todos materiales baratos y relativamente asequibles por todos. El sistema funciona reteniendo los compuestos de arsénico por reacción con el hierro oxidado (Ecuación (1) y (2)). Probablemente los mecanismos que rigen la remoción del arsénico dependan de interacciones moleculares arsénico/agua/hidróxido de hierro, donde se establecen enlaces que permiten que las superficies activas (lana de acero oxidada) acomplejen el arsénico. La adsorción se favorecerá a mayor contacto entre las dos fases.



El hierro elemental en presencia de soluciones acuosas se puede oxidar, proporcionando los electrones para la reducción de otras especies químicas redox sensibles (como arseniatos, arsenitos y sulfatos). En otros trabajos se han utilizado limaduras de hierro para la inmovilización de las especies arsénicas inorgánicas como coprecipitados de hierro, precipitados mezclados y, en presencia de sulfatos, arsenopirita. El agua contaminada con arsénico inorgánico, a la que se le agrega pequeñas concentraciones de sulfatos (si careciera de este ión), pasa a través de un lecho de arena con limaduras de hierro, dando lugar a la remoción de la mayor parte del arsénico de la solución [6].

En el filtro antecesor, el recipiente de alimentación puede contener hasta 20 litros, lo que permite el tratamiento de agua a consumir sin mayor distracción en las tareas cotidianas de los pobladores. Este es uno de los objetivos más desafiantes del proyecto, inculcar en la gente afectada los beneficios de la filtración, tratando de no modificar en gran medida sus costumbres y tradiciones. Uno de los mayores inconvenientes es el gusto del agua una vez filtrada, a causa del hierro que se desprende de la lana de acero. Esto no es un hecho menor, ya que el agua surgente con arsénico tiene aspecto límpido y sabor agradable.

Si bien la aplicación del hierro para remover arsénico es conocida, la simpleza del sistema desarrollado aquí llama la atención sobre todo por la aceptación. Este tipo de trabajo es lo que sugiere la misma OMS para concientizar y paliar estas terribles afecciones que afectan a gran parte de la población mundial de bajos recursos.

El arsénico normalmente está acompañado por altas concentraciones de flúor [7], y cuando éste supera 1 mg/litro (dependiente al consumo de agua, dada la temperatura ambiente de la zona), deja de ser beneficioso para la salud, siendo causante también de graves enfermedades, como la fluorosis ósea, sobre todo para los niños en sus primeros años de crecimiento.

Los trabajos actuales se enfocaron en la introducción en el filtro de una capa de una especie de “carbón activado de hueso” de producción local, para eliminar el mal gusto. Además, sería posible con este mismo desarrollo estudiar la posibilidad de reducir el contenido de fluoruros.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

Las muestras de agua se recolectaron directamente en la zona afectada descrita en la sección de localización. El pozo tiene 220 m de profundidad, y según datos de los locales no se encuentra

encamisado. Cabe mencionar que existe otra napa a 80 m de profundidad que se estaría mezclando con la anterior.

Las muestras de agua fueron filtradas por el nuevo dispositivo, ensamblado con materiales accesibles en la zona afectada (Figura 2 y 3), el mismo consta principalmente de:

- 4 tachos plásticos de 20 litros, 2 de ellos con tapa
- 1 kg de clavos, de tipo obra
- arena, de tipo gruesa
- carbón de hueso y leña (*ver Apartado 2.1. para preparación*)
- 2 paños de algodón de aproximadamente 20 cm

Las Figuras 2 y 3 resumen esquemáticamente como se logran ensamblar éstas piezas y qué pasos seguir para obtener un “filtro integral y casero” efectivo para el tratamiento de un agua surgente con excesos de arsénico y flúor.

El balde de alimentación (tipo “colador”) evita la entrada violenta del agua al ser vertida en el filtro (Figura 2). De esta manera evitamos la formación de canales dentro del lecho filtrante de clavos y arena, o la innecesaria turbulencia durante la alimentación del sistema, que puede ser desventajosa. La alimentación se plantea aquí de forma intermitente o por *Bach* de 20 litros, sobre todo por la simpleza que brinda al sistema.

Los orificios que se le hacen en la base de los baldes plásticos de tipo pintura (en el caso mostrado, por medio de un clavo calentado a la llama) son los que regulan la velocidad de filtración, y el tiempo de residencia necesario para la eliminación, tanto del arsénico como el exceso de flúor, presentes en el agua surgente. El último balde, el cuál tiene 2 orificios solamente (Figura 2), es el que limitará efectivamente la velocidad de la filtración. Es de esperar que el equipo trabaje lentamente (por varias horas) para el tratamiento de los 20 litros de agua planteados como objetivo. Por lo tanto, se propone como ejemplo, que el agua se filtre a lo largo de la noche para así poder disponer de la misma a la mañana siguiente, lista para su consumo.

Los pequeños orificios (Figura 2 y 3) tanto del balde de alimentación (en la zona central de la base), como del balde de clavos (en la zona externa de la base) y del balde de carbón (nuevamente en el centro de la base) permitirían que la corriente de agua que se genera dentro del filtro, entre en contacto con la mayor cantidad de lecho filtrante posible. Dicho de otra forma, el agua haría el recorrido más largo antes de pasar a la siguiente etapa. Este movimiento “vaivén” forzado entre etapas aumentaría la tortuosidad del medio, mejorando la eficiencia de la filtración.

Las capas de algodón van a ayudar a retener los finos del agua de alimentación o que se llegasen a desprender de los elementos filtrantes, lo que aumenta la durabilidad del sistema al acotar la necesidad de mantenimiento en caso de que los pequeños orificios sean obstruidos regularmente.

Por otro lado, al tener capas filtrantes separadas en baldes diferentes, es mucho más fácil realizar el respectivo mantenimiento, o reemplazar cualquiera de las capas en caso de que una de ellas pudiese agotarse con mayor facilidad que la otra. Por ejemplo, es de esperar que los clavos una vez que presenten excesiva oxidación (afectando las características organolépticas del agua) o se agoten (aumentando la presencia de arsénico en el producto) puedan ser reemplazados rápidamente sin necesidad de cambiar la capa de carbón, que mantiene su actividad adsorbente por períodos mucho más prolongados de tiempo.

2.1. Carbón de hueso y leña.

Se parte de un fuego de leña. Es común que los habitantes de la zona afectada mantengan en sus cocinas, ubicadas normalmente en el exterior de las viviendas, un fuego siempre encendido o “vivo”. El procedimiento para obtener el carbón es muy simple. Cuando se observa que el fuego de leña está bien encendido y se comienzan a generar brasas, se procede a colocar huesos de caprinos, porcinos o vacunos (normalmente sobras de alimentos previamente procesados, o consumidos) donde se vea la llama más intensa. La temperatura alcanzada será de 400 °C aproximadamente, la cual fue controlada por con un termómetro infrarrojo. Luego de 15 minutos aproximadamente los huesos (los más gruesos pueden llevar más tiempo) se pondrán de un color negro/rojizo formando el carbón para ser aplicado en el filtro. Este carbón estará compuesto por una mezcla de huesos y madera, ambos completamente calcinados. Previo a su uso es aconsejable enjuagarlo con abundante agua para la eliminación de la carbonilla más fina que podría obstruir los orificios del filtro. Éste carbón servirá para eliminar los fluoruros y los sabores desagradables del agua. Es notable la mayor porosidad de que se observa a simple vista en el carbón de hueso frente al carbón de leña (Figura 4).

2.2. Toma de Muestra.

Durante la toma de muestra se procedió a medir en boca de pozo la temperatura y el pH, con un termómetro infrarrojo y otro de contacto, y con cinta indicadora, respectivamente. Luego, se realizó un análisis físico-químico completo de la muestra de agua surgente en los laboratorios de la UCC (Anexo 1). De la muestra anterior se tomaron alícuotas de 20 litros y se procedió a su filtración con el equipo desarrollado, analizando en estos casos solamente arsénico, flúor y hierro. Las filtraciones fueron realizadas bajo condiciones ambientales de presión y temperatura. Cabe aclarar que el desarrollo se dirige para la aplicación del dispositivo por un habitante natural de la zona afectada, por lo que las condiciones de ensamblado y filtración deben ser lo más simple posible. Los elementos filtrantes no fueron reemplazados en ningún momento durante los ciclos analizados. Tanto la arena, los clavos y el carbón fueron lavados con abundante agua en sus respectivos contenedores (baldes de 20 litros agujereados) previa filtración. Es importante que el elemento filtrante (complejo formado por los clavos y la arena, Figura 5) quede sumergido en agua durante la vida útil del mismo, para evitar su excesiva oxidación de los clavos. Los pasos para el ensamblado del filtro se muestran en la Figura 3.

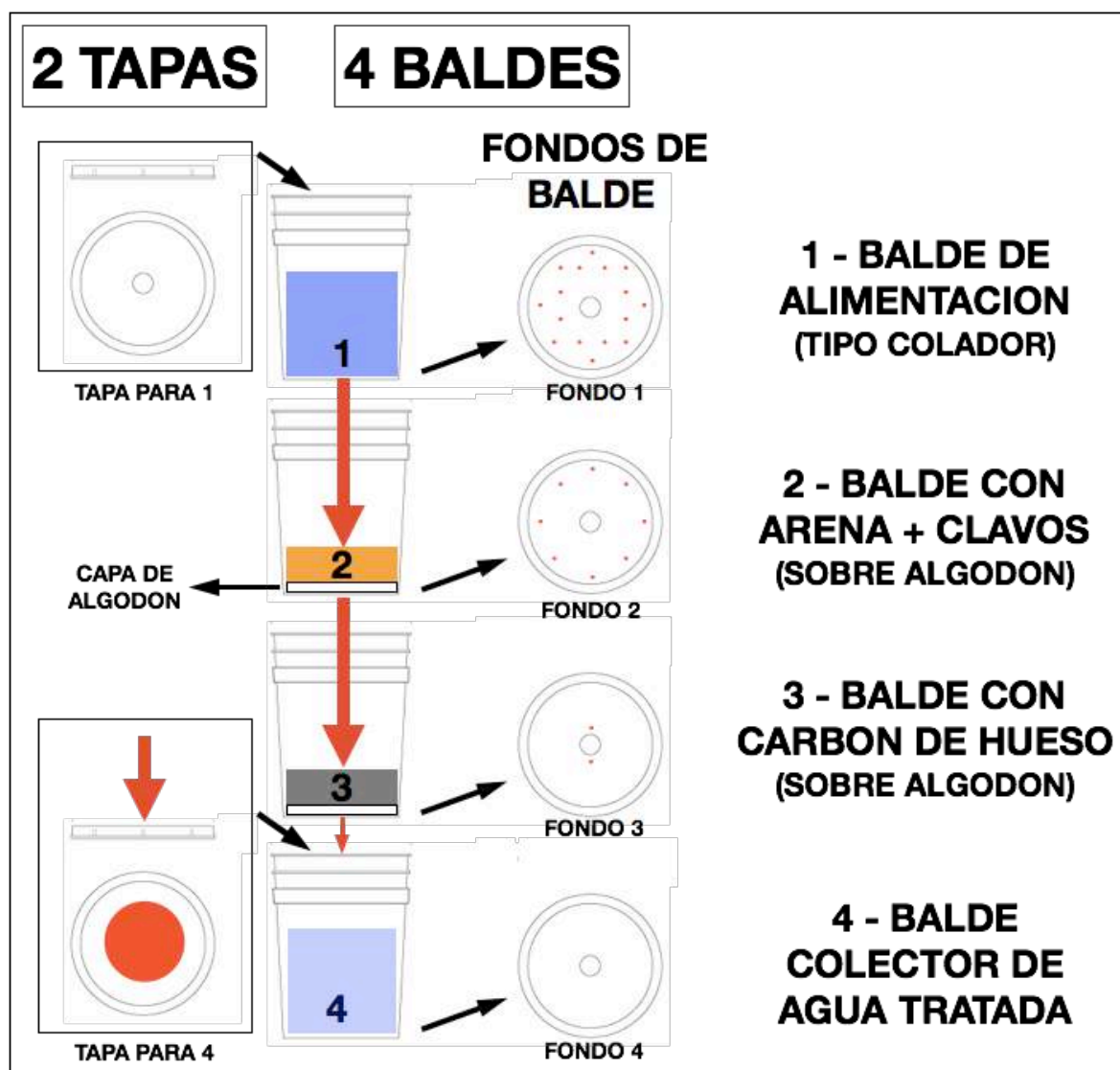


Figura 2 Reingeniería del dispositivo filtrante para la remoción de arsénico y fluoruros. Las flechas rojas indican como se deben introducir o apoyar los tachos, unos dentro de otros (1 en 2 y 2 en 3) o uno sobre otro (3 sobre 4); los círculos pequeños rojos indican dónde se deben realizar los orificios con un clavo caliente y el círculo rojo grande representa el hueco de 10 cm que se debe hacer en una de las tapas (ver Figura 3).



Figura 3 Pasos a seguir para el armado del filtro para la eliminación de arsénico y fluoruros del agua para consumo humano.



Figura 4 *Carbón adsorbente obtenido a partir de huesos de vaca calcinados a fuego directo.*



Figura 5 *Complejo adsorbente formado entre la arena y los clavos, responsable de la eliminación efectiva del arsénico del agua surgente de la zona de San José de Boquerón.*

Los análisis físico-químicos de partida se llevaron a cabo en el Laboratorio Central de la UCC, en la sección de Aguas. Los métodos utilizados fueron el APHA As 3500-C, APHA 4500 F--D7 y APHA 3500 Fe-D [8], para arsénico, flúor y hierro, respectivamente.

Las muestras filtradas fueron analizadas por el propio grupo de investigación de Ingeniería Industrial de la UCC, con el Kit de tiras Quantofix (MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. KG) para la determinación semicuantitativa de arsénico, con el Kit de reactivos Nanocolor Standar Test (MACHEREY-NAGEL GmbH & Co. KG) para la determinación fotométrica de fluoruro, y en el caso del hierro en Laboratorio Central de la UCC (APHA 3500 Fe-D).

Para la determinación espectrofotométrica de fluoruro se utilizó un equipo UV/Visible *Perkin-Elmer Lambda 35 (Massachusetts, USA)*. La curva patrón se preparó siempre antes de las mediciones de las muestras, utilizando una solución madre de NaF.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1. Agua surgente.

El agua surgente de 220 m de profundidad tiene un aspecto muy cristalino y sabor agradable. La temperatura registrada en boca de pozo fue de 34 °C. El pH es ligeramente ácido, con un valor medido de 6. Los análisis físico-químicos indicaron que la presencia de sulfatos (240 mg/l) y el pH de 6 brindarían las condiciones óptimas para la adsorción del arsénico con este filtro [6]. Podríamos decir que naturalmente estarían dadas las condiciones para la efectividad del dispositivo propuesto.

3.2. Ensayos de filtración.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de las filtraciones realizadas con el dispositivo. El nuevo filtro se ensayó hasta el 7^{mo} ciclo de 20 litros de agua (Total 140 litros) eliminando exitosamente el arsénico. Es evidente el abatimiento del contenido de $As^{3+/5+}$ bajo los valores esperados (CAA < 0,05 mg/l; OMS < 0,01 mg/l).

Los primeros resultados de hierro Fe^{+3} son alentadores, estos son de alrededor de 0,3 mg/l a medida que se avanza con las filtraciones. Si bien la OMS no propone ningún valor de referencia

para hierro, mencionando que puede llegar a 2 mg/l en agua para consumo considerando el 10% de la máxima ingesta diaria tolerable provisional, es importante mantener este valor al mínimo posible para mejorar el producto desde el punto de vista organoléptico.

El carbón de hueso también fue efectivo eliminando F^{-} a valores por debajo de 1 mg/l (OMS < 1,5 mg/l), teniendo en cuenta las altas temperaturas de la zona afectada, sobre todo en verano. Si comparamos los resultados de un filtro con capa de carbón frente a otro sin carbón (Tabla 2), vemos que el hierro se mantendría más bajo y estable durante los ciclos de filtrado. También aquí se observa un abatimiento mayor del arsénico. Por tanto, la capa de carbón mejora las concentraciones mínimas y las características organolépticas de sabor y color, sumamente importantes para lograr insertar el filtro.

Tabla 2 Resultados de las filtraciones con el nuevo filtro para eliminar arsénico y fluoruros. Se evaluaron dos alternativas: un filtro sólo con la capa de arena y clavos para eliminar arsénico, y el otro con el agregado del balde con la capa de carbón.

Referencias		Arena + Clavos		Arena + Clavos + Carbón		
		As ^{3+/5+} (mg/l)	Fe ³⁺ (mg/l)	As ^{3+/5+} (mg/l)	F ⁻ (mg/l)	Fe ³⁺ (mg/l)
A0	Muestra del surgente	0,25	-	0,25	3,1	-
A1	1 ^{er} ciclo de 20 litros	0,1	0,8	0,05	0,98	0,6
A2	2 ^{do} ciclo de 20 litros	0,05	-	0,05	0,93	-
A3	3 ^{er} ciclo de 20 litros	0,05	-	0,025	0,75	0,3
A4	4 ^{to} ciclo de 20 litros	0,05	-	0,025	0,73	-
A5	5 ^{to} ciclo de 20 litros	0,05	0,2	0,025	0,90	0,4
A6	6 ^{to} ciclo de 20 litros	0,05	0,3	0,05	0,90	0,3
A7	7 ^{to} ciclo de 20 litros	-	0,4	0,05	0,85	0,3

3.3. Estudio de campo

Debemos mencionar la existencia en la zona de otros emprendimientos para la disposición de agua segura, como la construcción de cisternas y pozos para almacenar agua de lluvia. Este método es bastante efectivo, pero muy dependiente de la cantidad de precipitaciones que se produzcan a lo largo del año. Pudimos constatar en campo la falta de cuidado de estas cisternas (mantenimiento y limpieza) y los sistemas de recolección (canaletas y techos) necesarios para su llenado. Es evidente que el agua allí almacenada no es suficiente para el consumo normal de un hogar promedio, y mucho menos por ejemplo para una escuela. Así, toma mayor relevancia la necesidad de proveer a estos caseríos aislados en el monte de un sistema más práctico que les permita disponer de agua segura independiente de las condiciones climáticas. De todas formas, vemos necesaria la educación de la población con respecto de las buenas condiciones de uso de cisternas.

Otras alternativas de abastecimiento son el llenado de las cisternas en épocas de sequía con agua del Río Salado, el cuál se encuentra como mínimo a una veintena de kilómetros de los caseríos. En este caso se dependería de las condiciones de los caminos de acceso y la disponibilidad de camiones cisterna y de recursos financieros para combustible. Además, vemos que los contenidos de sedimentos dispersos y posible contaminación microbiológica que podrían afectar estas aguas superficiales, son muy diferentes a los que la población está acostumbrada para su consumo (agua de pozo) lo que haría difícil su aceptación. En la localidad de Piruj Bajo (uno de estos caseríos insertos en el monte) se constató también la instalación de una planta de ósmosis inversa por parte del gobierno provincial. Nuevamente, la complejidad del sistema, la falta de recursos financieros y sobre todo energéticos, ven muy comprometido su efectivo funcionamiento.

Lo expuesto anteriormente evidencia la pertinencia de este desarrollo tecnológico como una alternativa para disponibilidad inmediata y ante cualquier circunstancia, de agua segura para el consumo humano.

4. CONCLUSIONES.

La reducción del contenido de arsénico con el dispositivo filtrante aquí desarrollado es apreciable, llegando a contenidos del mismo por debajo a lo establecido por las reglamentaciones vigentes de agua para consumo humano. El trabajo actual demuestra que se puede extender la vida útil del elemento filtrante hasta más de 140 litros sin necesidad de lavados de los elementos filtrantes entre ciclos. Se cree que la utilidad del filtro puede extenderse a más de un mes, sin mantenimiento del dispositivo, para lo cual se continúa actualmente con la investigación. Para ello se realizó un dispositivo a escala, ya que lo más complicado (dada la lejanía de la zona afectada)

es la disponibilidad en laboratorio del agua de origen para su tratamiento y posterior análisis de resultados.

Las mejoras introducidas con respecto a los elementos filtrantes (previamente se trabajó con lana de acero) como ser, una primera capa de clavos y arena, y luego una segunda capa de carbón, son evidentes. La eliminación adicional de fluoruros a niveles aconsejados por la OMS, y la mejora organoléptica del producto filtrado tras la eliminación del arsénico, demuestran una extraordinaria mejoría del sistema, sobre todo por la aceptación y uso del filtro por las personas afectadas. La robustez estructural que brindan los baldes de plástico de 20 litros de tipo pintura aumentan la vida útil del filtro y mejora la manipulación de los elementos por parte de los afectados. Es de destacar la simpleza y economía del sistema desarrollado. Todos los parámetros físico-químicos del agua surgente de la zona de afectada quedarían bajo las normas vigentes, luego del tratamiento con el dispositivo aquí desarrollado.

5. REFERENCIAS.

- [1] Guanca, P.E., Kozameh, G. (2015). "Reducción de arsénico en agua por filtro doméstico". *VIII Congreso de Ingeniería Industrial, COINI 2015 UTN FRC, Facultad Regional Córdoba de la Universidad Tecnológica Nacional y la Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial y Afines*. Córdoba, Argentina.
- [2] Kozameh G., Guanca P. E., Ruiz F., Acuña R., Yapur N., Montalván M., Sarmiento E., Soler F., Casetta M., Santa Cruz H., Zanoní H. R. (2016). "Optimización de "filtro casero" para la reducción de contaminantes (As⁺³;+5 y F⁻¹) en agua para consumo humano". *VI Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua, 9, 10 y 11 de Noviembre de 2016, Universidad Blas Pascal*. Córdoba, Argentina.
- [3] Villaamil Lepori, E.C. (2015). "Hidroarsenicismo crónico regional endémico en Argentina". *Acta bioquím. clín. latinoam. Vol. 49, No.1*.
- [4] Cáceres, R. E. (2007). *Proceso en lecho fijo metálico para la eliminación de arsénico de aguas en pequeñas instalaciones*. Tesis doctoral. Universidad de San Juan. San Juan, Argentina.
- [5] Rodríguez R., Echeverría M. (2008). "Reducción de Arsénico en agua. Uso de un método domestico". *Seminario de Agua 2008. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional, UTN*.
- [6] Nikolaidis, N. P., Lackovic J. and Dobbs G. (1998). "Arsenic remediation technology – AsRT". *University of Connecticut and United Technologies Research Center. U.S. Application #60/050, 250*.
- [7] Osicka, R.M., Agulló, N.S., Herrera Aguad, C.E.; Giménez, M.C. (2002). "Evaluación de las concentraciones de fluoruro y arsénico en las aguas subterráneas del domo central de la provincia de Chaco". *Fac. de Agroindustrias, Universidad Nacional del Nordeste. Chaco, Argentina*.
- [8] Rice, E.W., Baird, R.B., Eaton, A.D., Clesceri, L.S. (2012). *SMEWW- Standard Methods for the examination of water and wastewater, 22nd Edition*. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation.

ANEXO 1

 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA <i>Universidad Jesuita</i> FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS	FR 052 INFORME DE ENSAYO AGUA REV 01 710-1	 LABORATORIO CENTRAL
--	---	--

Número de muestra: 710-1		Fecha: 04 de mayo de 2015
Solicitante:	Responsabilidad Social Universitaria (Grupo Boqueron)	
Domicilio:		Teléfono :
Mail:	gblason@ucc.edu.ar	
Contacto/ Responsable:	Pde. Blason	
Intervinientes: (Empresa/Establecimiento/Planta)	Muestra de agua que el solicitante declara su origen como Muestra de surgente (C1 profundidad 220 mt) Remitida al laboratorio el día 24 de abril de 2015	
Responsable de toma de muestras:	☐ UCC	☒ Solicitante

Análisis físico-químico:

Ensayo	Método	Resultado	
Alcalinidad total	APHA 2320-B	218,5	mg CaCO ₃ /L
Carbonatos	APHA 2320-B	11,4	mg CaCO ₃ /L
Bicarbonatos	APHA 2320-B	207,1	mg CaCO ₃ /L
Dureza total	APHA 2340-C	75,6	mg CaCO ₃ /L
Calcio	APHA 3500 Ca-D	15,12	mg Ca/L
Magnesio	APHA 3500 Mg-E	9,18	mg Mg/L
pH	APHA 4500 H ⁺ - B	8,59	u pH
Conductividad	APHA 2510- B	1202	µS/cm
Turbidez	APHA 2130-B	11,03	NTU
Sulfatos	APHA 4500 SO ₄ ²⁻ -D	240,8	mg SO ₄ ²⁻ /L
Cloruros	APHA 4500 Cl ⁻ -B	90,0	mg Cl/L
Nitratos	APHA- 4500 NO ₃ ⁻ D	< 0,2	mg NO ₃ ⁻ /L
Nitritos	APHA 4500 NO ₂ ⁻ -B	< 0,03	mg NO ₂ ⁻ /L
Amoníaco	APHA 4500 NH ₃ - C	< 0,1	mg NH ₃ /L
Hierro	APHA 3500 Fe -D	< 0,1	mg Fe ³⁺ /L
Arsénico	APHA As 3500-C	0,25	mg As ³⁺ /L
Sólidos disueltos totales	APHA 2540-C	961,6	mg sólidos disueltos totales/L
Cloro residual (Cl ₂)	APHA-4500 Cl-G	< 0,02	mg Cl ₂ /L
Fluoruro (F ⁻)	APHA 4500 F ⁻ -D 7	2,6	mg F ⁻ /L

Universidad Católica de Córdoba – Facultad de Ciencias Químicas – Laboratorio Central
Av. Armada Argentina 3555 (C.P. 5017) - Tel.: (0351) 4938060 - Int. 606 – Mail: labcen@uccor.edu.ar
Horario: Lunes a Jueves de 9:00 a 16:00 hs. / Viernes de 9:00 a 12:00 hs.

Fecha de vigencia: 06/08/12

Página 1 de 3

Desarrollo sostenible y riesgos: La Huella Hídrica como indicador del cuidado del agua

Sustainable Development and Risks: The Water Footprint as a Strategic Indicator of Water Care

Rezzónico, Ricardo y Jiménez, Rocío Pía

GINGEOS, UTN Córdoba

*Maestro M. López y Cruz Roja Argentina. Ciudad Universitaria. Córdoba. Argentina
rrezzonico@frc.utn.edu.ar*

Resumen

La sostenibilidad como concepto estratégico central, así como –específicamente– el cuidado del ambiente y el uso racional de los recursos naturales –derivados de aquel– son temas que toman cada vez mayor importancia en las agendas científico-académicas, políticas y empresariales en todo el mundo. En tal sentido, se van profundizando líneas de reflexión-acción en relación a los conceptos de economía circular y economía ecológica y/o verde, que van generando instrumentos de gestión y toma de decisiones vinculados a aquellos. Así, la huella hídrica es un indicador relativamente nuevo de la salud de nuestro planeta y se va extendiendo su utilización como herramienta de gestión de un recurso natural clave: el agua. A través de una revisión bibliográfica-documental, el artículo aborda estos asuntos: en primer lugar, y de modo sintético, desde una perspectiva teórica; se presenta posteriormente un panorama sobre su desarrollo a escala mundial y, vinculado con ello, se analiza esta situación en el ámbito nacional, en virtud de que Argentina ha experimentado una creciente demanda de granos, que requieren de abundante agua en su cadena productiva.

Finalmente, en virtud de las suficientes evidencias existentes, se analiza la conveniencia de desarrollar fuertemente –y en el corto plazo– la implementación a todo nivel de la huella hídrica, a los efectos de resguardar los recursos naturales, en busca de la sostenibilidad en sus tres aspectos centrales: económico, ambiental y social.

Palabras clave

Huella hídrica, agua virtual, agronegocios, sostenibilidad, economía ecológica

Abstract

Sustainability as a central strategic concept, as well as –specifically– environmental care and rational use of natural resources –derived from it– are issues that are increasingly important in the scientific-academic, political and business agendas throughout the world. In this sense, reflection-action lines are developed in relation to the concepts of circular economy and ecological and/or green economy, which are generating management tools and decision-making linked to them. Thus, the water footprint is a relatively new indicator of the health of our planet and it is extending its use as a management tool for a key natural resource: water. Through a bibliographical-documentary review, the article addresses these issues: first, and in a synthetic way, from a theoretical perspective; then, an outlook of its development on a global scale is presented and, linked to it, the situation at a national level is analysed, as Argentina has experienced an increasing demand for grains, which require abundant water in its production chain.

Finally, due to sufficient evidence, the convenience of strongly developing –and in the short term– the implementation of the water footprint at all levels is analyzed, in order to protect natural resources, searching for sustainability in its three central aspects: economic, environmental and social.

Key words

Water Footprint, Virtual Water, Agribusiness, Sustainability, Ecological Economy

1. Introducción

El aumento vertiginoso de la población mundial hace que sea necesario identificar cuál es su impacto sobre los recursos naturales; no obstante, su determinación no es sencilla ya que no existe una manifiesta regularidad en tal impacto; y no en todas las zonas ocurre de la misma manera ya que cada región tiene distintos hábitos de consumo y de producción.

Desde hace más de treinta años se ha avanzado significativamente en lo que respecta a la problemática ambiental y el desarrollo sostenible. Este avance comprende el desarrollo conceptual y científico en el diseño de políticas públicas, de educación y de gestión ambiental. Tal es así que –por ejemplo- se ha desarrollado *indicadores de desarrollo sostenible* (IDS), los cuales pueden interpretarse como un sistema de señales que facilitan la evaluación del progreso de nuestra comunidad en tal sentido. Algunos países han desarrollado y administran diversos indicadores ambientales, mientras que otros intentan gestionar desde el enfoque de desarrollo sostenible, incorporando las dimensiones económica, social, ambiental e institucional del desarrollo [1].

Reconocer que el agua dulce está sujeto a cambios globales, permite apreciar las dimensiones de los recursos hídricos y de este modo solucionar problemas relacionados con él. Formular planes nacionales de agua, provoca que se pierda de vista la importancia que ella significa para el mundo. Es por esto que surge la huella hídrica (WF)¹ que es un indicador de uso del agua que tiene en cuenta tanto el uso directo como indirecto por parte de un consumidor o productor. La WF de un individuo o comunidad se define como el volumen total de agua dulce que se utiliza para producir bienes y servicios consumidos por el individuo o las comunidades.

La WF está constituida por la WF verde, que es el volumen de agua de lluvia que consume la vegetación, la cual se almacena en los estratos superficiales del terreno; la WF azul, que es el volumen de agua dulce extraído de una fuente superficial o subterránea; y la WF gris, la cual hace referencia a la contaminación y se define como el volumen de agua teórico necesario para lograr la disolución de un contaminante específico de forma tal que no altere la calidad del agua en el cuerpo receptor [2].

En el trabajo se efectúa una investigación bibliográfica-documental, en la que se utilizaron diversas fuentes seleccionadas de bases de datos científico-académicas on line y repositorios web, con el objetivo de presentar el concepto y analizar sintéticamente la WF en el orden mundial y latinoamericano; así como, por último, avanzar exploratoriamente en la situación de la Argentina frente a este indicador.

2. Evolución de la agenda estratégica del agua y la huella hídrica

Cuando los gobiernos desarrollan planes nacionales hídricos, solo tienen por objeto abastecer la demanda de su población, sin considerar que este es un recurso natural global no renovable, el cual no se encuentra uniformemente distribuido en el planeta. Es por esto que aún en el siglo XXI existen poblaciones en el mundo que no poseen acceso a una red de agua potable. Pocos países comercializadores de productos con alto contenido de agua –debido a que su cadena productiva así lo amerita- dan importancia a la escasez o abundancia del agua tanto en su país como en el mundo, lo cual deriva en pobres decisiones políticas hacia el desarrollo sostenible.

En 1992, la Declaración de Dublín sobre agua y desarrollo sostenible [3] definió a la cuenca hídrica como unidad de medida de disponibilidad y uso de agua dulce, y se dejaba de lado la concepción del uso del agua durante la producción de bienes, los cuales a su vez son exportados o importados; de este modo se produce lo que llamamos “comercialización de agua” o “agua virtual” (AV). Esta AV se define como el volumen de agua consumido para la producción de bienes (Bs.) o servicios (Ss.) a lo largo de su cadena de suministro. Según [4], el concepto de AV fue introducido por Allan en 1993, cuando estudiaba la posibilidad de “importar agua” como una posible solución al problema de escasez de agua en Medio Oriente; mientras que el concepto de WF fue introducido por Hoekstra hacia 2003, con el objetivo de encontrar un indicador que pueda representar los impactos del consumo de agua dulce.

Cuando se habla de la WF de consumo dentro de una nación se hace referencia a la WF de producción nacional, la cual se presenta como el volumen de agua total consumida dentro del territorio nacional como resultado de las actividades de los distintos sectores de la economía; es decir es la suma de todas WF de todos los procesos que se generan dentro de dicha nación.

La Figura 1 muestra como calcular la WF, y el presupuesto de AV de una nación, en donde la WF interna de consumo nacional hace referencia al uso de los recursos hídricos locales para la producción de Bs. y Ss.

¹ WF: Por sus siglas en inglés Water Footprint

consumidos por los habitantes de la nación. La WF externa de consumo nacional es el volumen de agua empleado en otras naciones para producir Bs. y Ss. que con consumidos por los habitantes de la nación. La suma de ambas huellas, es la WF de consumo nacional.

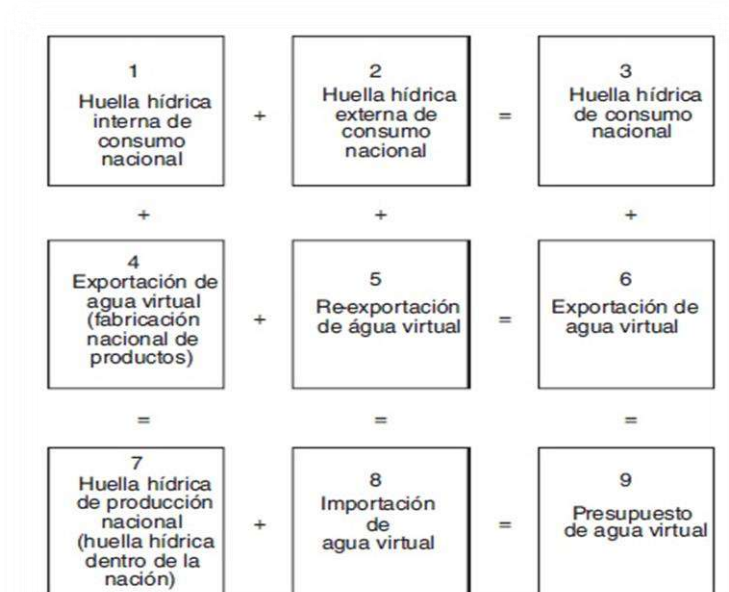


Figura 1: Esquema de contabilización de WF para una nación [2], [5]

Entonces de las transacciones de AV entre las naciones nace el término “ahorro de agua virtual” y esto se debe a que la nación importa un producto con alto contenido de agua en lugar de producirlo, conservando así sus recursos naturales.

En la Figura 2 se observa la WF en el mundo. China, India y Estados Unidos son los países con mayor WF de consumo nacional con 1207, 1182 y 1053 Gm³/año, respectivamente. Alrededor del 38% de la WF de la producción mundial se encuentra dentro estos tres países. El siguiente país en el ranking es Brasil, con WF total de 482 Gm³/año [5]

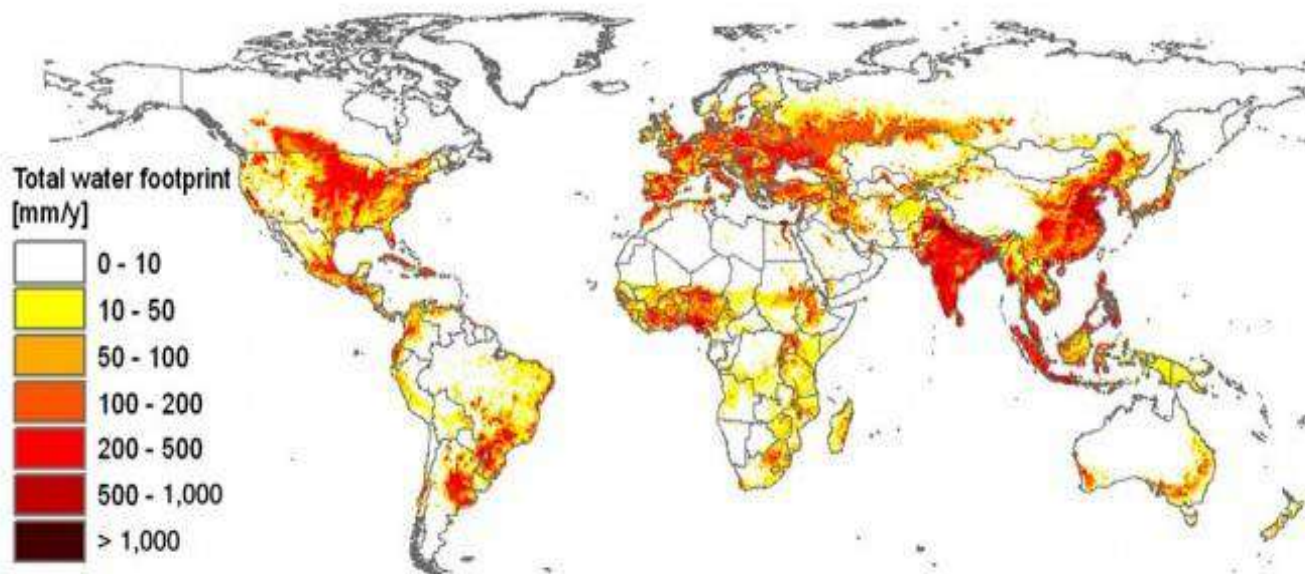


Figura 2: La huella hídrica del mundo entre 1996-2005 en milímetros por año [5]

La Figura 3 muestra las WF verde, azul, y gris dentro de las naciones en el período 1996-2005, en donde India es el país con el mayor WF azul dentro de su territorio con 243 Gm³/año. China es el país con el mayor WF gris dentro de sus fronteras con 360 Gm³/año, que es el 26% de la WF gris global.

Siguiendo a [5], la WF relacionada con la producción agrícola es la que tiene mayor incidencia en el total de WF de una nación. China y los Estados Unidos tienen la WF de consumo nacional más grandes debido a la producción industrial; 22% de la WF global en relación con la producción industrial se encuentra en China y 18% en los Estados Unidos.

En cuanto al AV los mayores exportadores son Estados Unidos, Brasil, India, Argentina, Australia, Canadá, China, Indonesia, Francia y Alemania (Figura 4); mientras que los mayores importadores son Estados Unidos, China, Japón, Alemania, Italia, México, Francia, Reino Unido y Países Bajos (Figura 5).

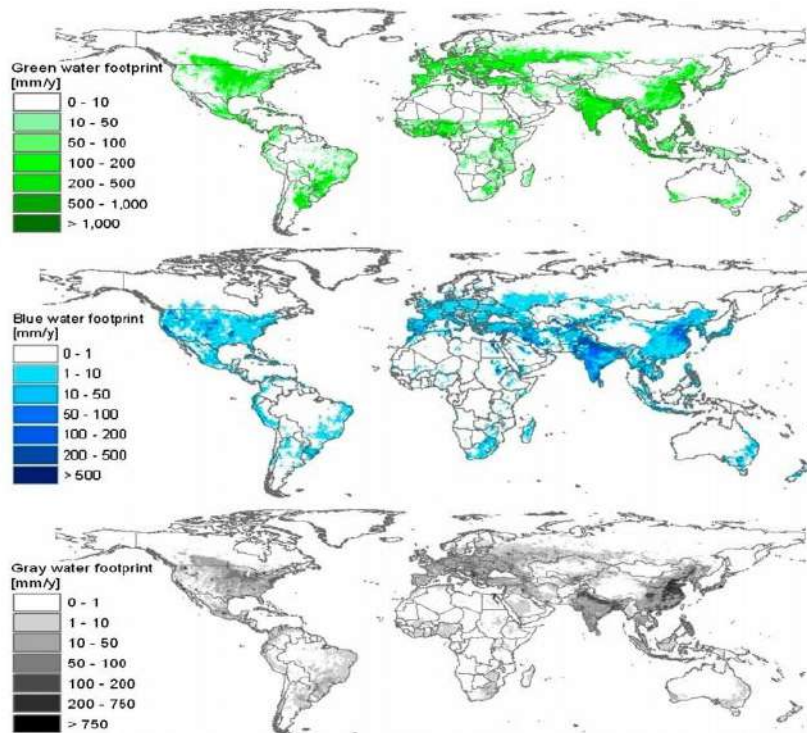


Figura 3: La huella hídrica verde, azul y gris del mundo entre 1996-2005 en milímetros por año [5]

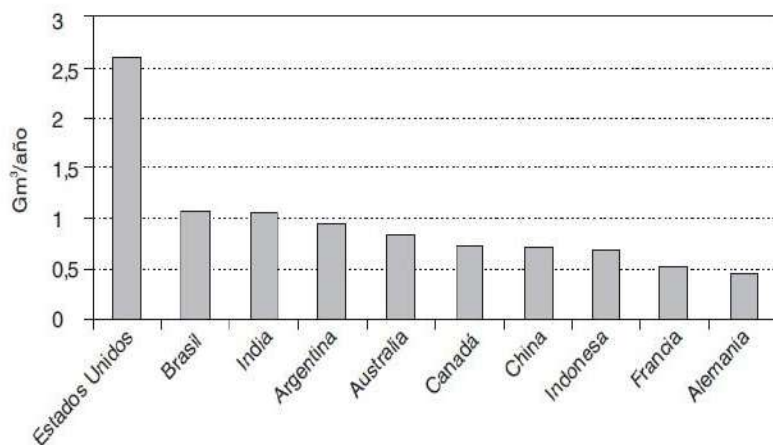


Figura 4: Países exportadores de agua virtual (AV) [5]

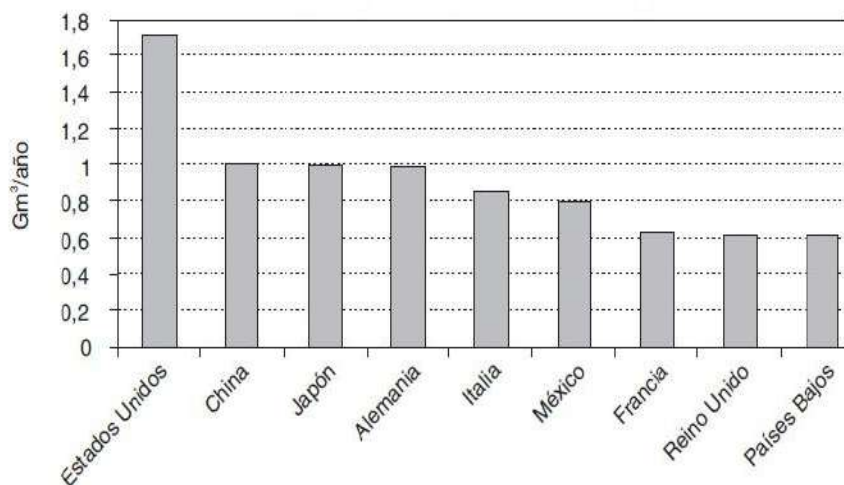


Figura 5: Países importadores de agua virtual (AV) [5]

3. Relevamiento de ciertos impactos positivos y negativos por agronegocios, globales y locales

Según Aldaya, Niemeyer y Zarate [4], importar productos agrícolas, genera un importante ahorro de agua azul y verde proveniente de recursos domésticos. Es así como Japón ahorra 119 Gm³/año y México 78 Gm³/año, entre otros países. De este modo, los países con alta WF protegen sus recursos pero a su vez generan alto impacto en otras cuencas hídricas.

Siguiendo a tales autores, en Latinoamérica el comercio agrícola ha aumentado, y con él la explotación de los recursos hídricos. Tal es el caso de Argentina y Brasil que entre 1996 y 2008 la producción (en toneladas) ha aumentado un 64% y 94%, respectivamente. También se incrementaron sus superficies cosechadas (por hectáreas): Argentina un 32% y Brasil un 41%, a su vez, aumentaron las exportaciones-importaciones. Chile, en cambio, no presentó grandes variaciones en las cantidades producidas, ni en el área de cosecha, pero sí aumentaron sus valores de exportación-importación. México, aumento su producción (en toneladas) un 21%, ocurrió lo mismo con su superficie cosechada (por hectáreas), y también crecieron sus valores de exportación-importación. Por otro lado, Perú, en el mismo periodo, aumento un 56% su producción (en toneladas), un 37% su superficie cosechada (por hectáreas) y también aumento sus valores de exportación-importación [4].

De este modo, las Figuras 6 y 7, muestran las exportaciones e importaciones de AV verde y azul, respectivamente.

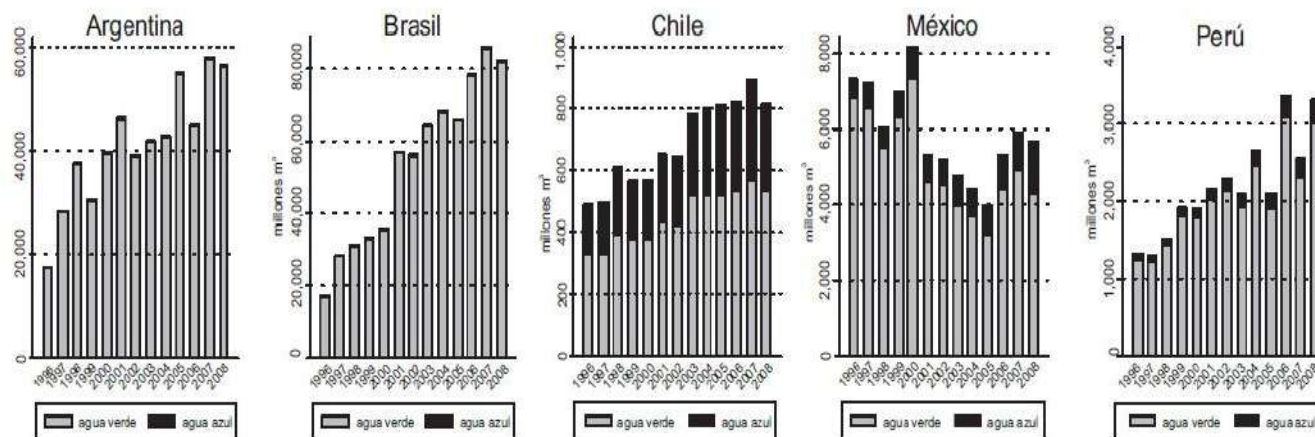


Figura 6: Exportación de agua virtual verde y azul entre 1996-2008. [4]

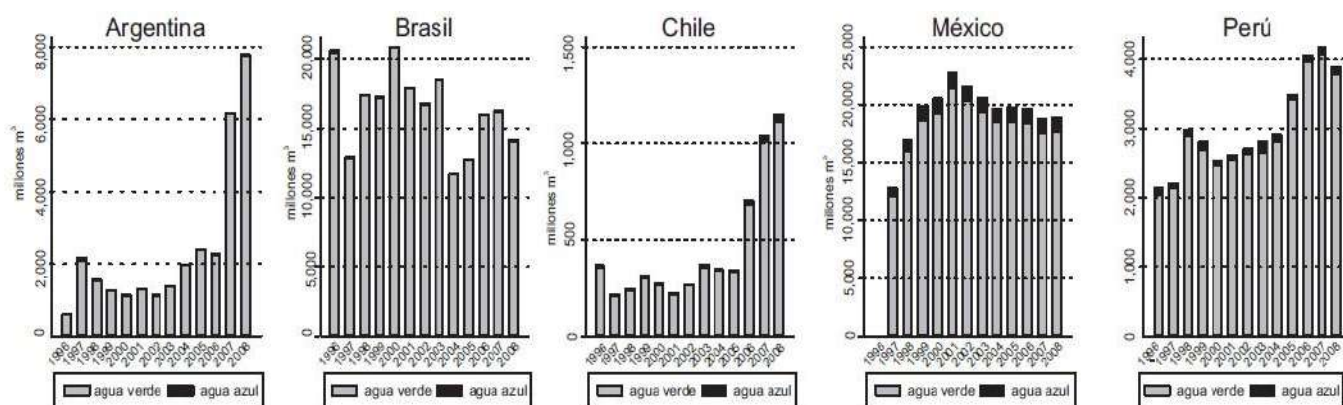


Figura 7: Importación de agua virtual verde y azul entre 1996-2008. [4]

Según cálculos realizados por la fundación *Naturaleza para el futuro*, la disponibilidad promedio de agua dulce por habitante para el año 2025 en Argentina es 18.200 m³ [6]. El problema que plantean es la gestión de los recursos hídricos, es decir que una inadecuada gestión nos garantiza una pobre accesibilidad, por más que este recurso sea abundante. Además debe recordarse el impacto que ejerce la contaminación sobre tal recurso fundamental y estratégico para la vida, el cual se debe al vertido de líquidos cloacales e industriales -entre otros- con escasos tratamientos, generando menor disponibilidad de agua dulce, ya que su calidad se ve altamente reducida.

Existen dos aspectos que inciden fuertemente en la escasez, uno de ellos es el cambio climático y el otro es el crecimiento poblacional, y ambos se interrelacionan.

Para evitar futuros conflictos producidos por el uso del agua dulce no sólo debe tenerse en cuenta la disponibilidad sino también la extracción de la misma, contemplando la tasa de renovación del recurso y las modificaciones sobre los sistemas fluviales, tales como la deforestación, urbanización, etc., ya que estos impactan directamente en la calidad del agua. De no ser así se estará frente a lo que se denomina *estrés hídrico* o *grado de presión hídrica* (GPH²). A continuación, en la Figura 8, se observa el GPH en el mundo. En el continente americano México es el país con un GPH moderada, mientras que países como Argelia, Marruecos, Egipto, Libia, Túnez, Sudán, entre otros, tienen un fuerte GPH.

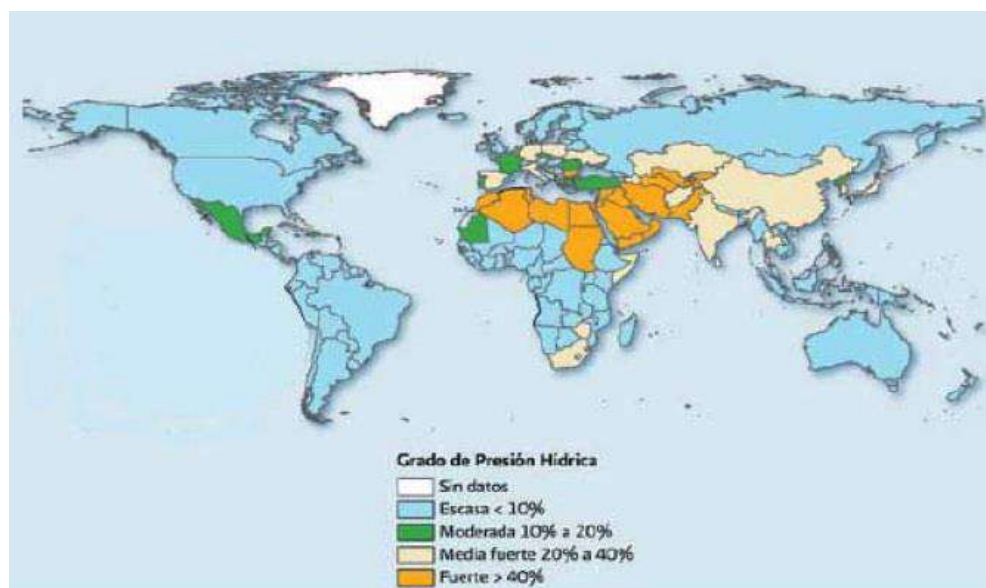
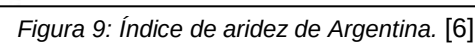


Figura 8: Grado de Presión Hídrica mundial [6]

Según el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) se estableció como valor límite de GPH a

² $GPH = (\text{Extracción total} / \text{Agua renovable}) * 100$



En la Tabla 1, se presenta la WF para la elaboración de algunos bienes que se consumen cotidianamente.

Paraguay, Bolivia y Brasil, las cuales se transportaban en barcazas a través de la hidrovía Paraguay-Paraná [8]. Durante el 2004 y 2005, Argentina exportó *gratis* 42.500 millones de m³ de agua en 38.300.000 toneladas de soja. El problema radica en determinar si el país está dispuesto a realizar este tipo de transacciones, estratégicamente inconvenientes para una gestión integrada del agua. [9]

Tabla 1: Huella Hídrica [6]

Bien	Unidad	Huella Hídrica (litros de agua)
Papel	1 hoja A4 80 grs./m ²	10
Té	1 taza (250 ml.)	30
Pan de trigo	30 grs. (1 rebanada)	40
Manzana	100 grs.	70
Cerveza	250 ml.	75
Vino	1 copa (125 ml.)	120
Café	1 taza (125 ml.)	140
Huevo	1	200
Maíz	1 kg.	900
Papa	1 kg.	900
Trigo	1 kg.	1.300
Azúcar de caña	1 kg.	1.500
Soja	1 kg.	1.800
Hamburguesa	150 grs.	2.400
Remera algodón	1	2.700
Arroz	1 kg.	3.400
Carne de pollo	1 kg.	3.900
Carne cerdo	1 kg.	4.800
Carne de cabra	1 kg.	4.000
Queso	1 kg.	5.000
Carne oveja	1 kg.	6.100
Bife de ternera	1 kg.	15.500
Cuero	1 kg.	16.600

Cuando Argentina comienza a exportar soja a China, ello ocurre pues el país asiático tiene por objetivo cubrir deficiencias territoriales, ya que tenía en el año 2006 aproximadamente 1.200 millones de habitantes y solo 0.06 hectáreas per cápita de suelo potencialmente productivo para agronegocios. Según [8] citando a Davis, claramente en los próximos años la población aumentaría y así disminuiría la disponibilidad de suelo, entonces China con estas políticas comerciales busca asegurar la alimentación de su población ya que disponen de poco territorio productivo (en este caso soja) y además, la disponibilidad de agua para cubrir la demanda de consumo domiciliario, de riego e industrial es escasa. De esta forma cuando China importa 18 millones de toneladas de soja, virtualmente ingresan 20.000 millones de m³ de agua, que es la cantidad que le hubiesen hecho falta para producir por ellos mismos esa cantidad de soja.

5. Conclusiones

En el comercio global de cualquier producto debe analizarse toda la cadena productiva. En el caso del agronegocio debe comenzar a prestarse mayor atención al consumo de agua que se realizó para la obtención de los productos que se comercializan, ya sea que se trate de un país pobre o rico en agua. Por tal motivo, debieran comenzar a aplicarse políticas restrictivas para asegurar la disponibilidad de los recursos hídricos, además de tener en cuenta el verdadero valor que tales poseen en la cadena productiva. [10]

Si bien Argentina cuenta con abundante agua, esta no es inagotable, aunque si renovable. No obstante, las políticas que se llevan a cabo no son las necesarias en cuanto a recuperación del agua consumida. Es por ello que debe abordarse un plan de políticas sostenibles para evitar que en el futuro la escasez hídrica sea aún mayor que en la actualidad. Es necesario estudiar el mercado de consumo y las lógicas imperantes en el uso de los diversos recursos y/o el capital natural, ya que si sólo nos enfocamos en los intereses del mercado se pierde de vista el verdadero valor de los recursos naturales y su interrelación y sinergia, debido a que en la tierra están los nutrientes necesarios para el desarrollo de las materias primas [11]. Pero, a su vez, si no se cuenta con la suficiente agua para que estos se desarrollen, de nada sirve tal riqueza potencial y fertilidad.

6. Referencias bibliográficas

- [1] Rayen Quiroga, M. (2001). *Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas*. Disponible en: <http://www.uv.mx/mie/files/2012/10/SESSION-7-Quiroga-Indics-Sost-Amb-y-DS-CEPAL-16.pdf>. Accedido: 17 de mayo de 2016
- [2] World Wildlife Fund / WWF (2012a) *Informe Planeta Vivo*. Disponible en: http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/informe_planeta_vivo_2012_8.pdf. Accedido: 21 de mayo de 2015
- [3] Conferencia internacional sobre el agua y el medio ambiente: Cuestiones de desarrollo para el siglo 21. 26-31 de enero de 1992, Dublin, Irlanda. ICWE/Doc (31.1.1992). Disponible en: <https://es.ircwash.org/sites/default/files/71-ICWE92-19134.pdf>. Accedido: 20 de febrero de 2017.
- [4] Aldaya, M.M.; Niemeyer, I.; Zarate, E. (2011) "Agua y Globalización: Retos y oportunidades para una mejor gestión de los recursos hídricos" *Revista española de estudios Agrosociales y Pesqueros*. N°230. pp. 63-83. ISSN 1575-1198. Accedido el 19 de mayo de 2016
- [5] Hoekstra, Arjen Y. y Mekonnen, Mesfin M. (2012) "The water footprint of humanity". *PNAS*. February 28, 2012. vol. 109. no. 9. ISSN 3232–3237 Disponible en <http://www.ayhoekstra.nl/pubs/Hoekstra-Mekonnen-2012a.pdf>. Accedido: 10 de abril de 2017
- [6] Herrero, Ana C. (2011) "Huella Hídrica y Agua Virtual". Fundación naturaleza para el futuro. Disponible en: <http://www.naturalezaparaelfuturo.org/observatorios/HH%20y%20Agua%20virtualo.pdf>. Accedido el 10 de julio de 2016.
- [7] World Wildlife Fund / WWF (2012) "Una mirada a la agricultura de Colombia desde la huella hídrica". Informe planeta vivo. Reporte Colombia. Disponible en: http://awsassets.panda.org/downloads/hh_colombia_12c_isbn.pdf. Accedido: 21 de mayo de 2015
- [8] Pengue, Walter A. (2006) "Agua virtual, agronegocio sojero y cuestiones económico ambientales futuras [...]". Disponible en: <http://www.icaa.gov.ar/Documentos/Ingenieria/agua-virtual.pdf>. Accedido el 18 de mayo de 2015
- [9] Solanes, Miguel y Gonzalez-Villarreal, Fernando (1996). Los Principios de Dublín reflejados en una evaluación comparativa de ordenamientos institucionales y legales para una gestión integrada del agua. Global Water Partnership (GWP). TAC background papers no. 3. Disponible en: <http://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/Tac3s.pdf>. Accedido: 11 de octubre de 2016
- [10] Calle Collado, Ángel; Gallar, David y Candón, José (2013). Agroecología política: transición social hacia sistemas agroalimentarios. *Revista Economía Crítica* 16, 2013. p 244-277
- [11] Gudynas, Eduardo (2004). *Ecología, economía y ética del desarrollo sostenible*. 5ta edición. CLAES - Centro Latino Americano de Ecología Social y D3E - Desarrollo, Economía, Ecología, Equidad América Latina para los textos originales.

Herramienta para el seguimiento y control de la implementación de un Sistema de Gestión Energética en PyMEs

Gil Marcelo Rafael (1º Autor)*; Maccarone José Luis; Santanera Esperanza;
Monasterio Ana Laura

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata

ingilmr@frlp.utn.edu.ar

RESUMEN

El consumo creciente de productos y servicios por parte de la humanidad, en pos de mejores condiciones de vida y confort, hace necesario que se desarrollen mecanismos de ahorro de la energía que produzcan un uso racional y sustentable de la misma en los sistemas productivos. Los sistemas de gestión energética buscan impactar directamente en la productividad y competitividad de las organizaciones productoras de bienes y servicios.

Para promover la implementación de sistemas de gestión energética en las PyMEs se ha desarrollado una herramienta informática. Esta aplicación permite realizar el seguimiento del sistema de gestión energética, desde las auditorías hasta evaluar las medidas de ahorro energético y los planes de mejora implementados.

La herramienta permite realizar el análisis energético del proceso y la evaluación de los consumos específicos de los equipos. Además, permite evaluar las mejoras energéticas más comunes, obteniéndose como resultado el ahorro energético, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y un aumento de la rentabilidad.

Como base se utiliza la norma ISO-IRAM 50001 la cual es un instrumento que busca la eficiencia y el ahorro energético en las organizaciones, impactando en la estructura de costos de la organización. El modelo que sigue la norma es el proceso de Planificar-Hacer-Verificar- Actuar para gestionar y mejorar las operaciones y el rendimiento energético de la organización.

Se han realizado pruebas pilotos del uso de la herramienta para la implementación del sistema de gestión energética en algunas PyMEs pertenecientes a un parque industrial de la Provincia de Buenos Aires.

Palabras Claves: PyMEs–Sistemas de Gestión Energética–Herramienta para la implementación

ABSTRACT

The growing consumption of products and services by humanity, in favor of better living conditions and comfort, makes it necessary to develop energy saving mechanisms that produce a rational and sustainable use of it in production systems. Energy management systems seek to directly impact the productivity and competitiveness of organizations producing goods and services.

A computer tool has been developed to promote the implementation of energy management systems in small and medium businesses. This application allows the monitoring of the energy management system, from audits to evaluation of energy saving measures and improvement plans implemented.

The tool allows the energy analysis of the process and the evaluation of the specific consumption of the equipment. In addition, it allows evaluating the most common energy improvements, resulting in energy savings, reduction of greenhouse gas emissions and increased profitability.

As a basis, the ISO-IRAM 50001 standard is used, which is an instrument that seeks efficiency and energy savings in organizations, impacting on the cost structure of the organization. The model that follows the norm is the Plan-Do-Check-Act process to manage and improve the operations and energy performance of the organization.

Pilot tests have been carried out on the use of the tool for the implementation of the energy management system in some small and medium businesses belonging to an industrial park in the Province of Buenos Aires.

1. INTRODUCCIÓN

En Argentina por mucho tiempo ha estado desactualizado el precio de la energía. Este insumo se ha convertido en una de las variables que afectarán la competitividad de las empresas, sobre todo para las PyMEs. Y si bien ya se han rearmado las tarifas energéticas, aún hoy el precio de las unidades de energía no está totalmente actualizado.

En nuestro país, existe una cantidad muy reducida de empresas que llevan adelante alguna acción o combinación de ellas con la finalidad de impactar en su propia eficiencia energética, normalmente son grandes empresas, que por convicción y/o conveniencia logran tener acceso a la contratación de asesores que los guían en las acciones concretas sobre eficiencia energética. Pero las PyMEs, quedan lejos del tema de eficiencia energética, fundamentalmente por dos motivos, uno de ellos, como ya se dijo es que durante mucho tiempo no incidió en su estructura de costos generando desinterés sobre el tema, el segundo motivo es que las herramientas disponibles, casi ninguna de ellas, se encuentra a su alcance para realizar alguna acción referida a la eficiencia energética, ya que implica la contratación y seguimiento de consultoras sobre el tema. Una alternativa para las organizaciones industriales puede ser tomar como referencia la norma ISO 50001 y si tiene certificado alguna norma de calidad o medio ambiente, es muy probable que pueda con poco esfuerzo implementar la norma de gestión energética en la organización, ya que esta norma sigue la estructura de las ISO 9001, 14001, 18001. Pero si una PyME tiene que aplicar la ISO 50001 y aún no transitó por esos caminos, es posible que sea bastante complicado, y aún mayor cuánto menor estructura y recursos tengan.

Por lo tanto para las PyMEs que no han transitado el proceso de la normalización a través de las ISO es necesario facilitarles el camino, sobre todo por la falta de recursos y tiempo. Para ello se ha generado una herramienta informática capaz de guiar a las organizaciones industriales, en cada etapa de implementación del SGE¹ tomando como base la Norma ISO/IRAM "50.001", referida a la gestión de la energía consumida y utilizada por las organizaciones.

1.1 La norma ISO 50001

Esta Norma Internacional especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía, con el propósito de permitir a una organización contar con un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo energético [1,2]. Podemos ver en la Figura 1 el proceso de mejora continua aplicado a la implementación de SGE.

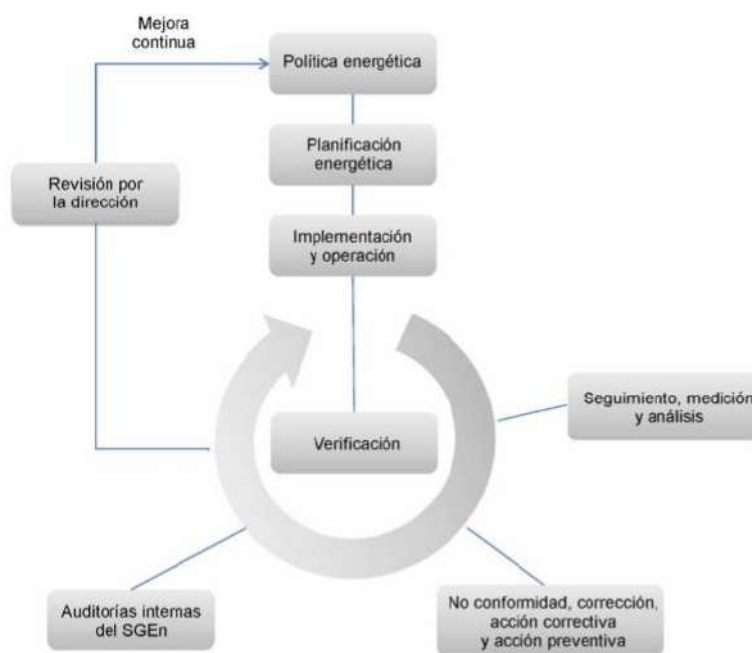


Figura 1

¹ Sistema de Gestión de la Energía

1.2 El proceso de implementación

El modelo seguido es el proceso de Planificar-Hacer-Verificar- Actuar en el contexto del ciclo de mejora continua para gestionar y mejorar las operaciones y el rendimiento energético de la organización [3]. Las etapas y los pasos que intervienen en el proceso de implementación y sostenimiento del SGE los podemos ver en la Figura 2

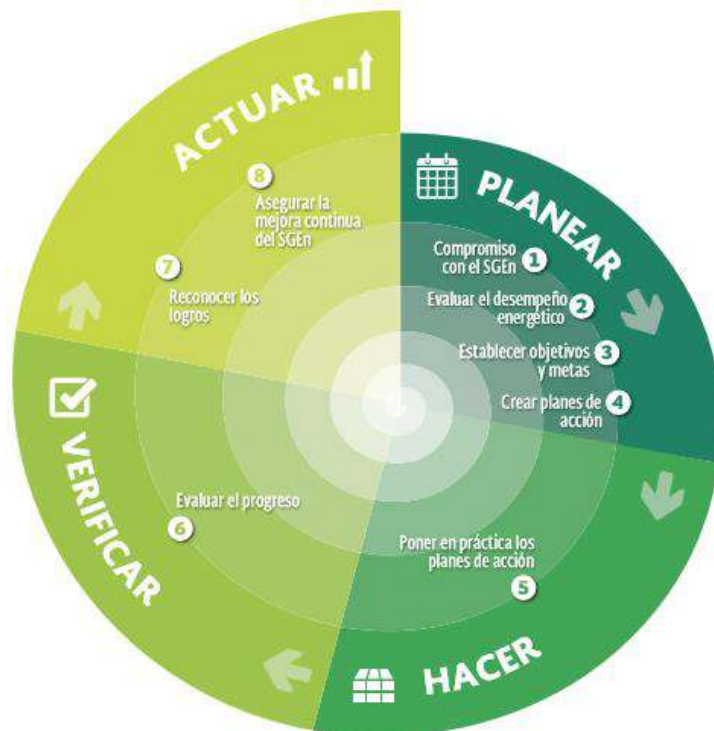


Figura 2

1.3 La planificación energética

La planificación energética debe incluir una revisión de las actividades de la organización que puedan afectar al desempeño energético [1,3]. La Figura 3 muestra un diagrama conceptual de la planificación energética dentro del SGE.

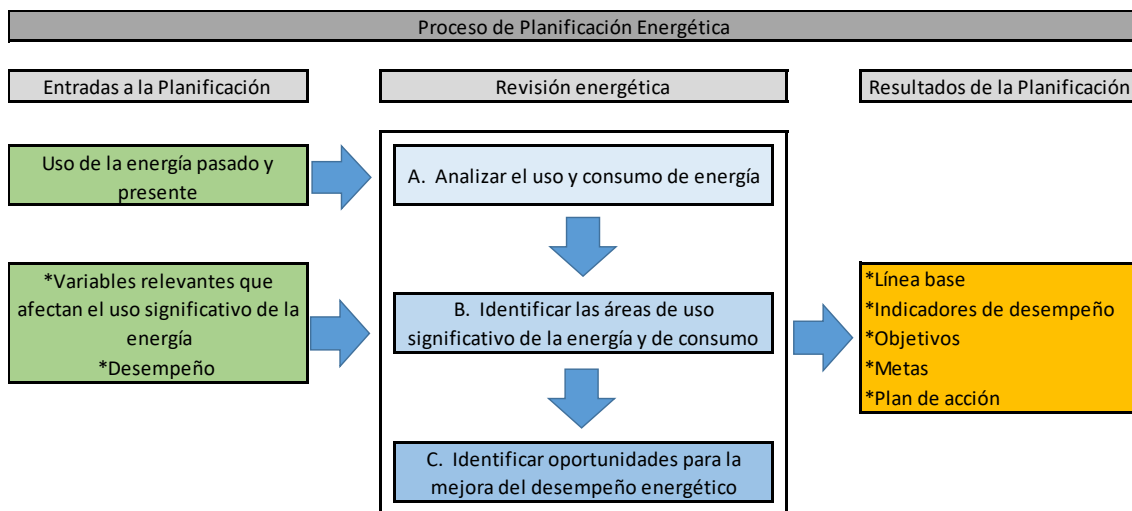


Figura 3

2. LA HERRAMIENTA DE IMPLEMETACION DEL SGE

La herramienta informática desarrollada colabora en la implementación de un SGE en una organización industrial, cuenta con elementos dinámicos de soporte y ayuda que permiten el análisis, proceso, control y validación en cada etapa de la implementación del SGE. A la herramienta se accede a través de la red, las organización que quieran utilizarla tendrán un usuario y contraseña. Además posee un certificado de seguridad para la gestión del sistema haciendo uso del protocolo HTTPS que garantizan la confianza del uso del sistema a través de la red.

2.1 Ingeniería del Software

El sistema web desarrollado emplea al Drupal como plataforma de administración de contenidos. Los recursos gráficos empleados fueron completamente diseñados e implementados para brindar una interface simple y fácil de interactuar por los usuarios que lo empleen. Se generaron dos perfiles. El Perfil Público que brinda información suficiente para conocer de qué se trata, qué y cómo se gestiona (servicios brindados) cuáles son los beneficios que se obtienen (resultados), así como temas vinculados a la certificación ISO "50.001". El propósito es incentivar a las organizaciones a tomar contacto con el grupo de trabajo como entes asesores en eficiencia energética y establecer Convenios o Acuerdos de transferencia entre ambos.

Mientras el Perfil Privado permite acceso restringido al asistente SGE por los usuarios adheridos para guiar y administrar documentación propia en cada etapa de implementación del SGE de su organización. Contiene un repositorio de documentos estructurado para tal fin de acuerdo a la Norma. Dispone de documentos modelo para ser completados y versionados por ciclo pudiéndose almacenar y consultar. Existen varios roles de usuarios y permisos de acceso restrictivos sobre la información y documentos guardados por cada organización. La Figura 4 muestra la página de inicio al sitio y la Figura 5 el contacto general para grupos de interés.



Figura 4

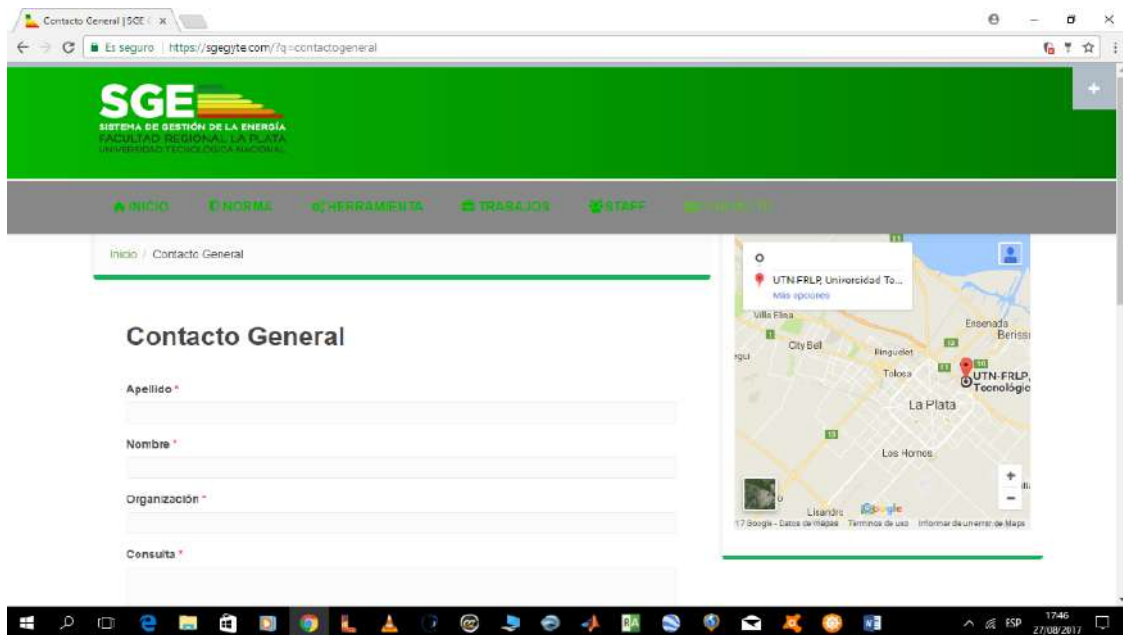


Figura 5

2.2 Descripción

La herramienta informática cuenta con los dos ambientes de trabajo, tal y como se especificó, más un valor agregado adicional por la automatización de algunas tareas repetitivas del SGE. El producto desarrollado cuenta con 4 funcionalidades “core”: Procedimientos, Registros, Mediciones, Terminología, que conforman nuestro “Asistente de Procesos”: este bloque es soportado por un repositorio de documentos que permite guardar los Documentos Modelos y modificables como ser Procedimientos y Registros facilitando el engorroso proceso de documentar y reunir toda la información requerida por el SGE. En la Figura 6 podemos ver la imagen de algunas de las funcionalidades de la herramienta como puede ser el acceso a la Política Energética², alcance del SGE y el equipo responsable del SGE dentro de la organización.

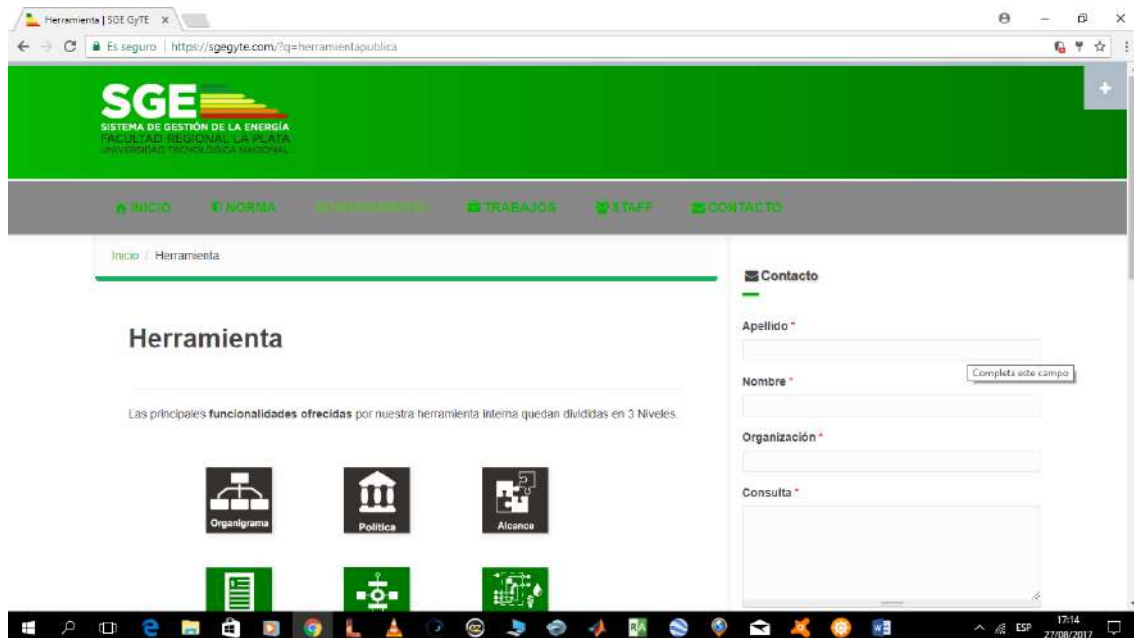


Figura 6

² Establece el compromiso de la organización para alcanzar una mejora en el desempeño energético [1]

La planificación es la actividad central para la implementación de un SGE. La misma implica como mínimo realizar una revisión energética minuciosa del consumo actual de energía con el objetivo de identificar las áreas con un uso significativo de energía. Identificar las fuentes energéticas actuales e identificar el uso y consumo actual y anterior. La actividad busca identificar los usos significativos de la energía y centrar el esfuerzo en aquellas áreas que proporciona el mejor retorno energético. Para ello la herramienta cuenta con las siguientes funcionalidades

2.2.1 Análisis de facturación

Uno de los pasos preliminares en la implantación del sistema es identificar los datos relacionados con la adquisición de la energía. Los recibos de consumo de energéticos permiten determinar por ejemplo del consumo de energía eléctrica: tipo de tarifa, tipo de suministro, demanda contratada en punta, demanda contratada fuera de punta, demanda registrada en punta, demanda registrada fuera de punta, excesos de demanda con penalización, penalización por factor de potencia. El análisis de datos se realizará sobre un periodo de 12 meses, mediante un motor de cálculo y comparación que entrega resultados y gráficos disponibles para la organización. Como podemos ver en la Figura 7. Idéntico análisis se realiza sobre los otros consumos energéticos.

		(KWh) lectura medidor	lectura medidor	Lectura de suministro	Contratada (KW)	Capacidad Suministro	Suministro (\$/kWh)	(capacidad) suministro	Suministro Recargo en \$	Anterior	Actual	Lectura (KWh)	Energía Sin Subsidio	Subsidio	Subsidio	Energía Con Subsidio	Mant	R		
		Se toma de cada factura		No carga	No cargar	No cargar	Es fórmula	Es fórmula	Es fórmula	Se toma de cada factura		No carga	Es fórmula	No cargar	Es fórmula	No cargar	Es fórmula	Es fórmula		
	12	164,74	166,88	40	85,60	46	15,00	\$ 1.284,00	39,60	\$ 297,00	36.286,00	36.700,00	40	16.560,00	0,411	\$ 6.806,16	0,130	\$ 2.152,80	\$ 347,82	\$
	1	166,88	169,02	40	85,60	46	15,00	\$ 1.284,00	39,60	\$ 297,00	36.700,00	37.024,00	40	12.960,00	0,411	\$ 5.326,56	0,130	\$ 1.684,80	\$ 347,82	\$
	2	169,02	171,14	40	84,80	46	15,00	\$ 1.272,00	38,80	\$ 291,00	37.024,00	37.337,00	40	12.520,00	0,411	\$ 5.145,72	0,130	\$ 1.627,60	\$ 343,86	\$
	3	171,14	173,30	40	86,40	46	15,00	\$ 1.296,00	40,40	\$ 303,00	37.337,00	37.768,00	40	17.240,00	0,411	\$ 7.085,64	0,130	\$ 2.241,20	\$ 351,78	\$
	4	173,30	175,51	40	88,40	46	15,00	\$ 1.326,00	42,40	\$ 318,00	37.768,00	38.174,00	40	16.240,00	0,411	\$ 6.674,64	0,130	\$ 2.111,20	\$ 361,68	\$
	5	175,51	177,71	40	88,00	46	15,00	\$ 1.320,00	42,00	\$ 315,00	38.174,00	38.560,00	40	15.440,00	0,411	\$ 6.345,84	0,130	\$ 2.007,20	\$ 359,70	\$

Figura 7

2.2.2 Los procesos y las instalaciones

Uno de los puntos claves para la toma de decisiones de mejora de la eficiencia energética es el conocimiento detallado de los procesos productivos, por lo que se puso especial énfasis en esta cuestión en el desarrollo de la herramienta. Pueden ser varias las formas de describir un proceso productivo y las instalaciones utilizadas por el mismo. Una de esta puede ser la memoria descriptiva de la instalación la cual es una breve descripción, detallando las áreas más importantes de la industria, los diferentes procesos que tienen lugar, los equipos, la maquinaria, las oficinas, las instalaciones características de cada área y cualquier otra información que pueda tener especial interés. Otra de las formas es la representación gráfica del proceso.

El proceso productivo puede ser representado mediante un diagrama de bloques o de procesos en donde figuren sus operaciones básicas, sus particularidades y sus condicionantes. En dicho proceso se deben poder verificar las transformaciones de la materia primas en productos finales y tendrá que incluir las principales operaciones, se identificará las líneas de proceso que trabajan independientemente y las que trabajan secuencialmente y reflejara las aportaciones de energía que abastecen cada proceso. En la Figura 8 podemos ver un ejemplo de la representación de los procesos que presenta la herramienta desarrollada.

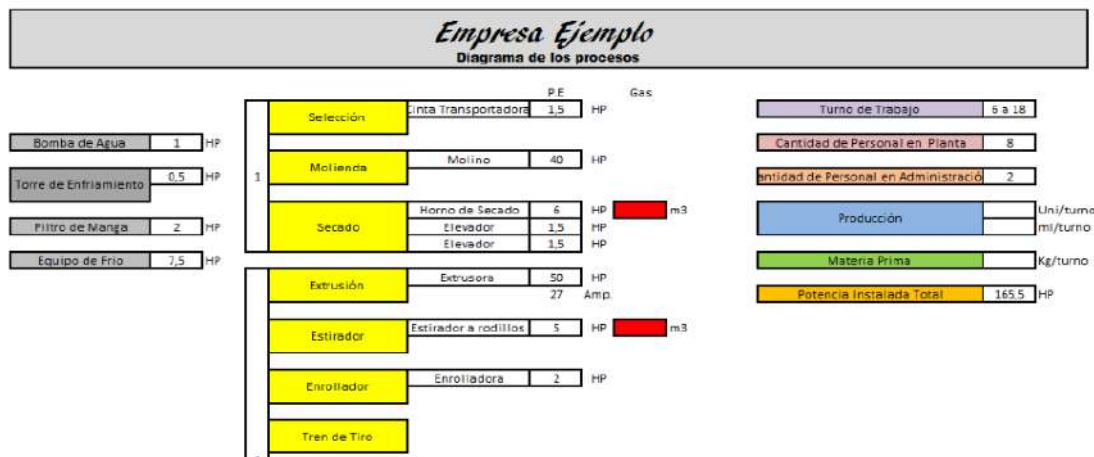


Figura 8

También es factible la representación de la distribución en planta del sistema productivo, mediante un lay out de las instalaciones. Figura 9

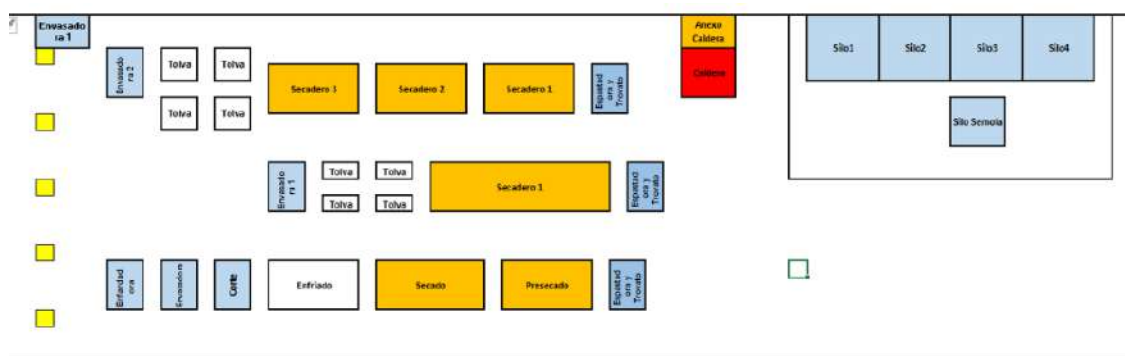


Figura 9

En ambos casos se trata de representaciones dinámicas en las cuales se podrá identificar las áreas con un uso significativo de la energía y simular sobre ellas las mejoras a implementar.

2.2.3 Los equipos dentro del proceso de producción

Para el análisis del proceso y su representación es importante identificar y clasificar los equipos consumidores de energía eléctrica y térmica según su consumo, potencia y eficiencia. Dependiendo del tamaño de la industria el número de las máquinas puede ser muy extenso. Es necesario centrarse en los equipos que o bien por su potencia unitaria o por su número elevado en el conjunto total, suponen valores de consumo energéticos relevantes dentro del conjunto [2]. En el inventario de estos equipos se intentará aportar todos los datos característicos de cada equipo. Será necesario recoger toda la información referente al combustible utilizado, al número de equipos totales, la potencia unitaria, su eficiencia y muy importante su régimen de funcionamiento y su posición dentro del proceso. En la Figura 10 vemos la funcionalidad de la herramienta que nos permite ver los equipos, sus consumos específicos e identificar los usos energéticos de los mismos. Por ejemplo fuerza motriz, calor de procesos, refrigeración, iluminación, etc.

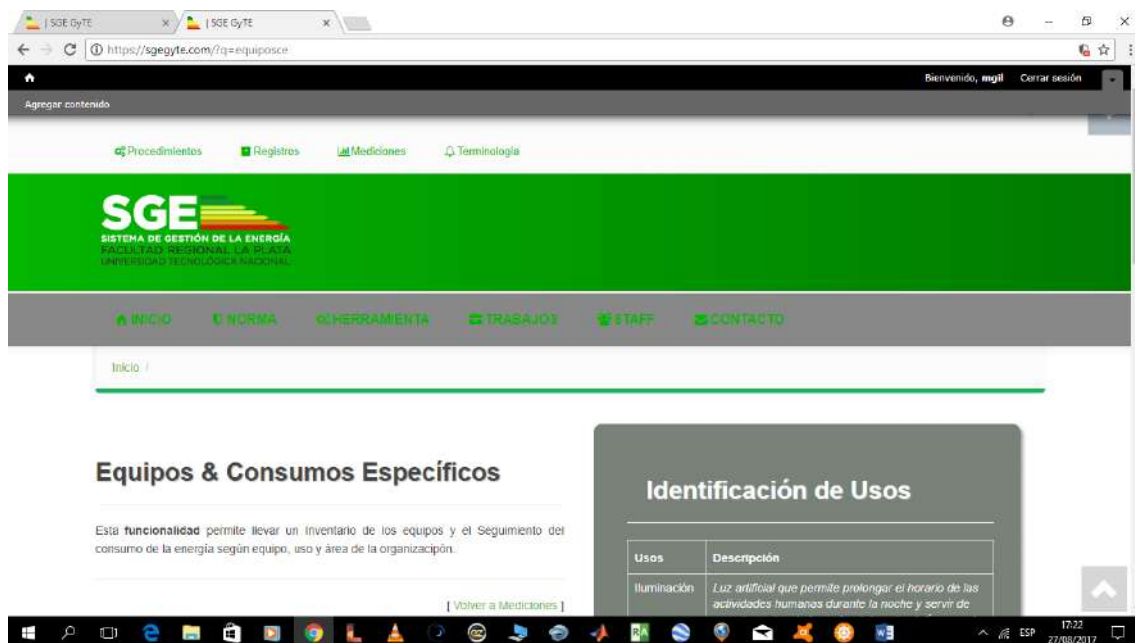


Figura 10

2.2.4 Mediciones

En la funcionalidad mediciones Figura11 encontramos lo referente a la revisión energética. Esta proporciona la información necesaria para establecer el punto de referencia energética de la organización y así poder medir los cambios en el rendimiento energético.

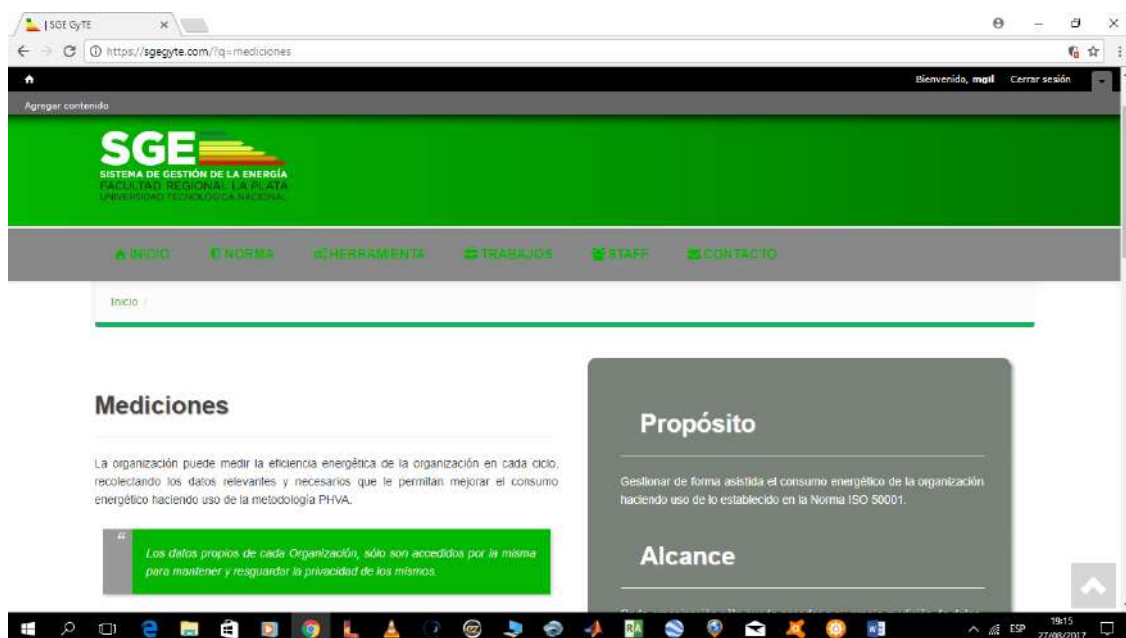


Figura 11

Con la información generada en la revisión energética la organización puede definir los IDEn³ adecuados, que podrán ser un parámetro, una ratio o un modelo complejo [1]. La herramienta desarrollada puede documentar la línea base, la matriz de consumo, la matriz de usos y los IDEn para su seguimiento y revisión. En la Figura 12 se pueden ver a manera de ejemplo gráficos de

³ Indicador de desempeño energético [1]

barra con los valores de los consumos energéticos presentes y pasados que ha tenido y tiene la organización. De igual manera se podrá acceder a otros tipos de gráficos donde estarán representados los usos de la energía y las variaciones que pueden tener los IDEn. Esta funcionalidad que tiene la herramienta funciona como un verdadero cuadro de mando integrado muy útil para la/s persona/s que toma decisiones dentro de la organización.

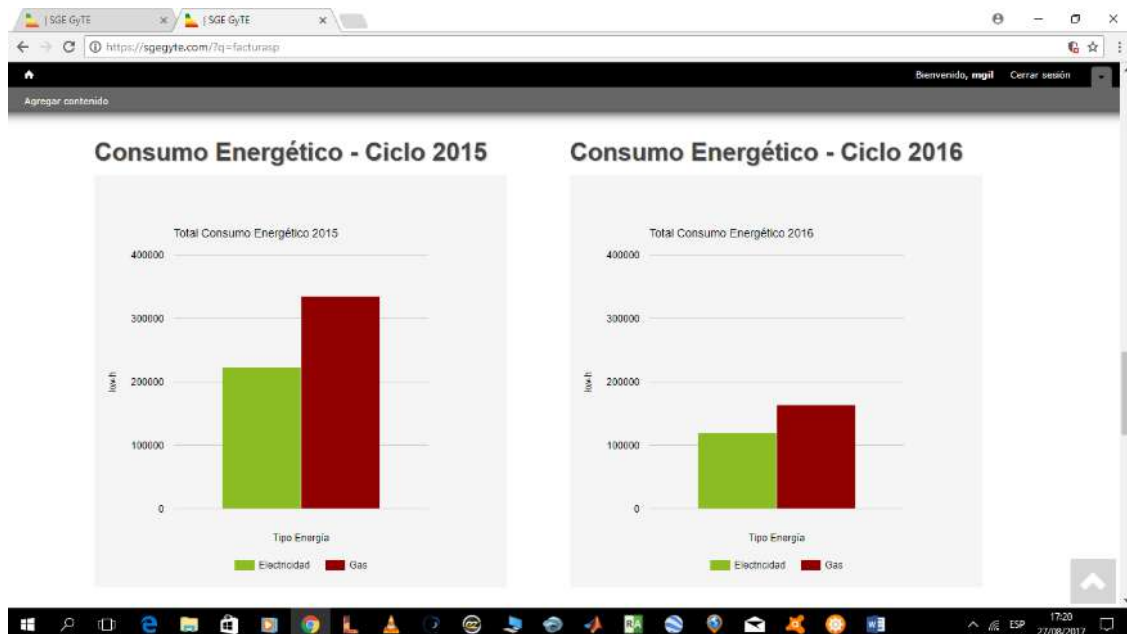


Figura 12

2.2.4 Control documental

El SGE deberá contar con un mecanismo para el control de documentos y registros, como podemos ver en la siguiente imagen de la Figura 13 que entrega la herramienta desarrollada. En esta funcionalidad se podrá tener acceso a los Procedimientos Escritos del SGE, que son formas específicas de llevar a cabo una actividad o proceso dentro del SGE.

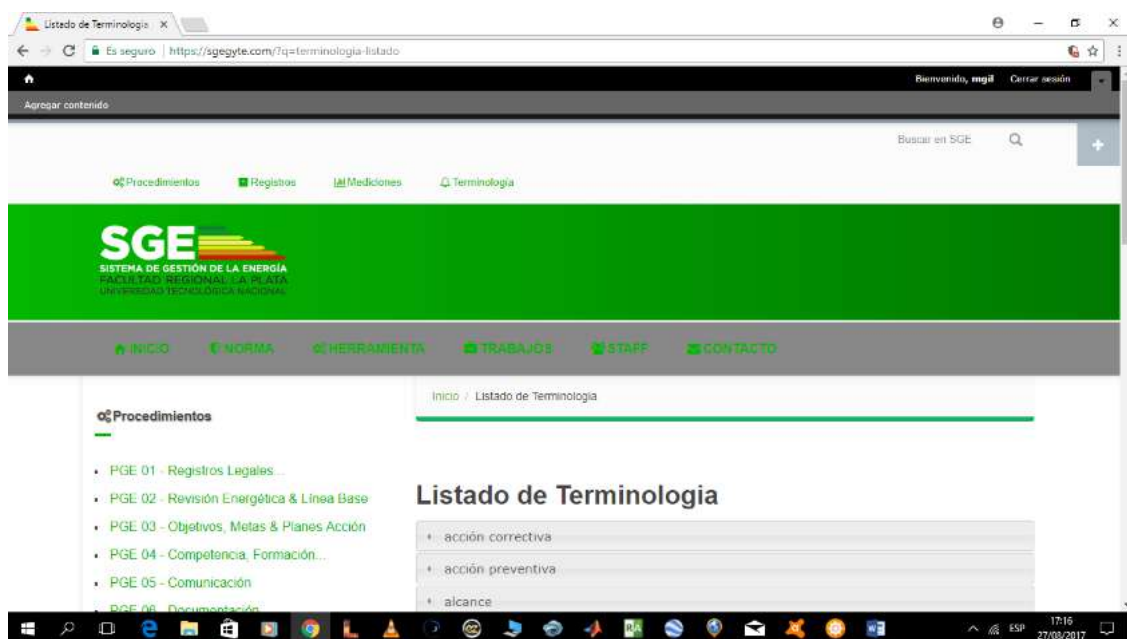


Figura 13

La organización debe establecer y mantener los registros que sean necesarios para demostrar la conformidad con los requisitos de su SGE y demostrar los resultados logrados [1]. Las Figuras 14 y 15 muestran el acceso a los Registros del SGE

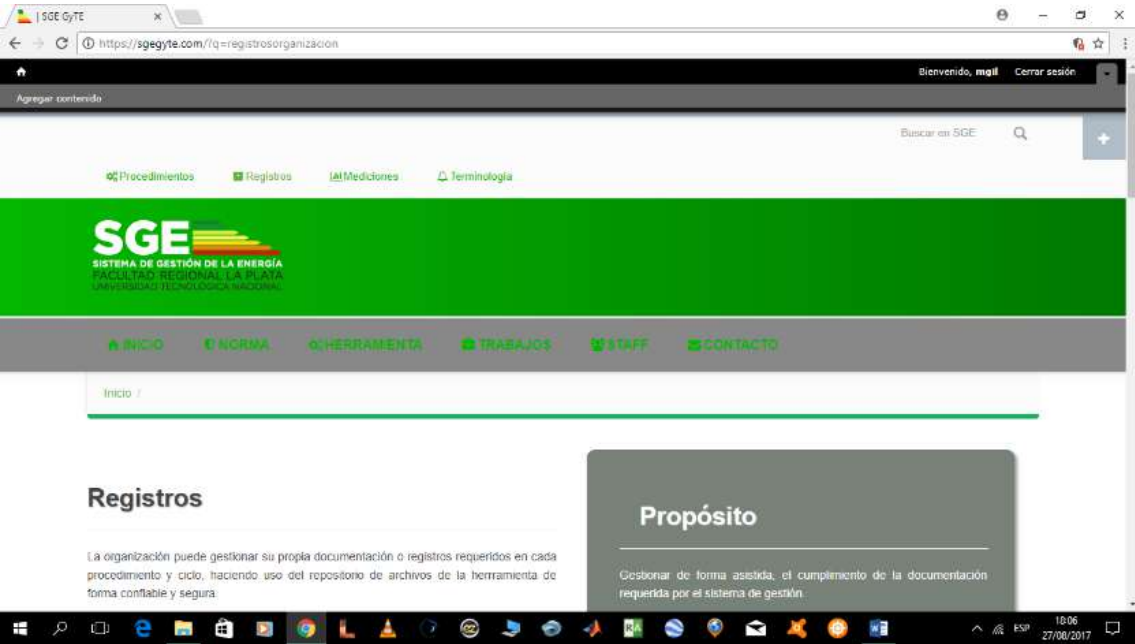


Figura14

Punto Norma	Procedimiento		Registro Asociado	
	Código	Nombre	Código	Nombre
4.1	MGE 00	Manual de SGE	-	-
-	PGE 00	Formato y Emisión de Procedimientos	Anexo 1	Firmas Autorizadas
4.4.2	PGE 01	Requisitos Legales y Otros Requisitos	RG-01-01	Registro de Requisitos Energéticos
4.4.2			RG-02-01	Registro de Evaluación de Cumplimiento
4.4.3	PGE 02	Revisión Energética y Línea de Base de la Energía	RG-01-02	Matriz Usos Energéticos Identificados
4.4.4			RG-02-02	Inventario Equipos y Línea de Base Energética
			RG-03-02	Registro de Facturas
4.5	PGE 03	Objetivos, Metas y Planes de Acción para la Gestión de la Energía	RG-01-03	Programa Energético
4.4.6			RG-02-03	Política Energética
-			RG-03-03	Mapa de Flujo del SGE
4.5.2	PGE 04	Competencia, Formación y Toma de Conciencia	RG-01-04	Constancia de Capacitación
			RG-02-04	Registro Histórico de Capacitaciones
			RG-03-04	Plan Anual de Capacitaciones
			RG-04-04	Registro de Encuestas de Evaluación
4.5.3	PGE 05	Comunicación	RG-01-05	Registro de Comunicaciones Internas
			RG-02-05	Registro de Comunicaciones Externas

Figura 15

La Figura 16 muestra un registro correspondiente a la línea base que la organización debe establecer utilizando la información de la revisión energética inicial. Como ya comentamos los cambios en el desempeño energético deben medirse en relación a la línea base energética. En el registro en cuestión quedarán asentados los datos de las facturas energéticas de la organización.

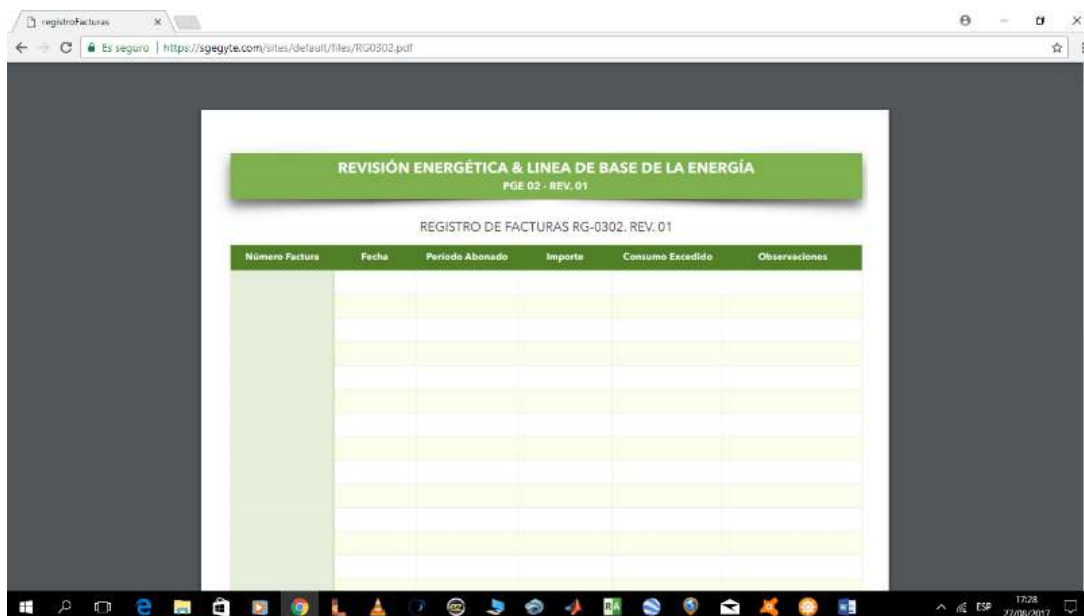


Figura 16

La organización debe establecer, implementar y mantener planes de acción para alcanzar sus objetivos y metas energéticas [1]. En los mismos deberán estar debidamente especificados: la designación de responsabilidades, los plazos y los medios para lograr las metas, una declaración del método mediante el cual debe verificarse la mejora del desempeño energético y una declaración del método para verificar los resultados. La Figura 17 muestra un modelo de registro de un plan de acción que entrega la herramienta desarrollada.

Figura 17

Hasta acá se han presentado algunas de las funcionalidades que tiene la herramienta diseñada y que ha sido validada implementándola con éxito en algunas de las empresas pertenecientes al Parque Industrial Plátanos ubicado en la ciudad de Berazategui. Esperamos en un futuro no muy lejano poderla implementar en todas la empresas y lograr la certificación del Parque Industrial bajo la Norma ISO 50001.

3. CONCLUSIONES

Está claro que tarde o temprano las organizaciones y en particular las PyMEs de la Argentina deberán realizar algún tipo de acción dirigidas a ser más eficientes y eficaces con respecto al uso y consumo de energía. Transitando así un camino alternativo al de pasar a precio todo el incremento en el costo de la energía. Esa alternativa es la de realizar un consumo racional y se logra a través de la gestión energética. El uso de una herramienta informática que ayude en la implementación de un SGE es el primer paso para lograrlo, y aquí hemos visto algunos lineamientos para llevar a adelante esta acción, permitiendo obtener beneficios para las organizaciones industriales. Si las PyMEs de la Argentina toman este camino el beneficio es múltiple, logrando principalmente un sustituto extraordinario de una fuente de generación de energía: "la gestión y eficiencia energética".

4. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Norma IRAM-ISO 50001 Sistema de Gestión de la Energía
- [2]. Guía Práctica para la implantación de Sistemas de Gestión Energética. Fundación Mapfre
- [3]. Manual para la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía. SENER México-GIZ

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a los responsables de las empresas y a las autoridades del Parque Industrial Plátanos de la Ciudad de Berazategui que han colaborado en la implementación de la herramienta desarrollada para su validación.

Influencia de los ambientes técnico e institucional en la difusión e implementación de prácticas de calidad.

Meretta Javier*, Gómez Carlos.

Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional

*Grupo de investigación en tecnología de las organizaciones GITO.
Colon 332, 2900 San Nicolás*

jmeretta@frsn.utn.edu.ar

RESUMEN:

El presente trabajo analiza la incidencia del ambiente externo en la motivación para implementar un sistema de gestión de la calidad en las organizaciones y su proceso de implantación. Este contexto o ambiente externo, que rodea a las organizaciones es una combinación de ambientes técnicos e institucionales, donde la características distintivas presentes en estos ambientes, consisten en que los elementos institucionales abarcan a los factores más simbólicos y culturales que afectan a las organizaciones; mientras que los elementos técnicos comprenden a las características más materialistas basadas en recursos.

En este artículo se presenta una justificación de la selección de dos casos de estudio –una organización del sector privado y un organismo público - de una tesis de doctorado que investiga los problemas de implementación de prácticas de calidad, en particular la certificación bajo la norma ISO 9001, con el objetivo de facilitar el proceso de implementación de un sistema de gestión de la calidad en las organizaciones y lograr su sustentabilidad en el tiempo.

Palabras clave: Institucionalización, ambiente organizacional, gestión de calidad.

ABSTRACT:

This paper analyzes the impact of the external environment on the motivation to implement a quality management system in organizations and their implementation process. This context or external environment, which surrounds the organizations, is a combination of environments and institutions, where the distinctive characteristics they present in these environments consist in the fact that the institutional elements cover the most symbolic and cultural factors that affect the organizations; while the technical elements are more affected by the more material characteristics.

This article presents a justification for the selection of two case studies - a private sector organization and a public organization -a doctoral research that investigates the problems of implementation of quality practices, in particular, certification under the ISO 9001 standard, with the objective of facilitating the process of implementing a quality management system in organizations and achieving their sustainability over time.

Keywords: Institutionalization, organizational environment, quality management.

1. Introducción

Utilizaremos en el presente trabajo algunas bases conceptuales de la teoría y el análisis organizacional, principalmente aquellas perspectivas denominadas institucionales o neo-institucionales, que nos brindan algunas herramientas útiles para entender y explicar de manera comparativa como las reformas y los cambios en las organizaciones pública y privadas son afectadas por diferentes entornos que pueden impulsar y a su vez problematizar la acción organizativa.

Para obtener y presentar la información que en este trabajo exponemos, nos hemos apoyado tanto en fuentes secundarias, básicamente acceso a documentación pública, y entrevistas cualitativas a aquellas personas que consideramos relevantes como informantes calificados por haber sido participantes importantes de las experiencias de reforma organizativa que aquí describimos. Nos abocamos en nuestro relevamiento a identificar a los actores relevantes de estos casos, intentando exponer en lo posible sus puntos de vista para explicar las tensiones que hemos podido relevar al analizar toda la información disponible.

Las organizaciones existen en entornos que condicionan la utilización de ciertas prácticas organizativas, estos contextos son significativos para poder explicar la adopción y el grado de implantación de ciertas herramientas de gestión. Como señala Scott [1] podríamos identificar dos tipos de entornos que condicionan de alguna forma a las organizaciones: entornos de naturaleza técnica y entornos de naturaleza institucional. Cómo estos entornos influyen sobre las organizaciones y las variaciones que se producen en la adopción de prácticas de calidad constituyen elementos importantes para entender como son adoptadas ciertas prácticas de calidad en las organizaciones.

Tradicionalmente los enfoques más habituales acerca de la influencia del entorno sobre las organizaciones sostenían que estas eran afectadas en dos aspectos centrales: por sus posibilidades para acceder a un stock de recursos o en su defecto por sus posibilidades de acceso a información, entendidos ambos factores como dos “recursos” que generan una importante foco de dependencia para las organizaciones. Si bien este planteo es real en tanto que ilustra claramente sobre la dependencia y la incertidumbre que pueden generar las dificultades de acceso a estos recursos claves, no nos explica de manera totalmente consistente como el entorno condiciona las decisiones de innovación e incorporación de prácticas organizativas. Es así que para poder seleccionar casos de análisis de prácticas de gestión es necesario identificar aquellos que contemplen diferentes entornos organizativos, para poder así identificar algunas posibles consecuencias en la eficacia, la adaptación y la utilización de dichas prácticas.

En otro plano de análisis diferente pero cercano para explicar el problema, las escuelas sociológicas más recientes, los antropólogos y los psicólogos cognitivos han reparado especialmente en los factores cognitivos y culturales que condicionan las acciones de las organizaciones. Este reconocimiento de diferentes elementos que constituyen el denominado ambiente organizacional, permitió de alguna manera ampliar el marco de conocimiento sobre las organizaciones superando la un tanto restringida idea de considerarlos sistemas exclusivamente técnicos, para verlos también como sistemas humanos, políticos, sociales, y culturales, por lo tanto el impulso o el fracaso de determinadas prácticas tiene determinantes no exclusivamente técnicos, entendido el sentido de “técnico” en términos amplios, como todos los aspectos del medio que son potencialmente relevantes para la fijación y el logro de metas, pero normalmente se restringen a las fuentes de insumos, los mercados de productos y los competidores. Los directivos son identificados como las personas responsables de lograr un adecuado aprovisionamiento de recursos en un mercado, diseñar sistemas eficientes de organización del trabajo, y coordinar y controlar actividades técnicas, afectadas fundamentalmente por las regulaciones y la competencia, por lo tanto son imperativos de naturaleza técnica los que mueven e impulsan a los decisores de las organizaciones.

Estos puntos de vista no son muy habituales en los trabajos de ingeniería industrial, centradas habitualmente en los problemas endógenos que se producen al incorporar las prácticas y su implementación en las organizaciones, por lo tanto este trabajo pretende cubrir un aspecto poco tratado en nuestra disciplina, habitualmente acostumbrada a tratar la implementación de prácticas de calidad como un problema de naturaleza básicamente técnica a resolver.

En nuestros proyectos de investigación hemos relevado diferentes casos de implementación de prácticas de calidad, las diferencias en la intensidad de su implementación, consistencia, y persistencia en el tiempo, nos hicieron pensar que no solo son condicionantes de naturaleza técnica las que inciden en la utilización de estas herramientas de gestión, esta intuición es la que nos ha llevado a la certidumbre de que una adecuada presentación y selección de casos de investigación debían contemplar los diferentes entornos en que estas empresas se desempeñan, ponderando por lo tanto las características de cada uno de estos casos con su contexto específico.

Desde la perspectiva de la teoría de la organización se ha hecho referencia al concepto de “campo organizacional” [2] para hacer referencia al conjunto o a la comunidad de empresas u organizaciones que comparten un sistema de significados similar e interactúan habitualmente con más frecuencia entre sí constituyendo de alguna forma un conjunto de jugadores críticos que comparten actividades y prácticas que son consideradas apropiadas para un mejor desempeño entre los actores de un conjunto o sector de organizaciones relevantes. En este artículo mencionaremos dos casos de organizaciones que hemos identificado en un proyecto de investigación, y están condicionadas por diferentes características de su entorno o campo organizacional.

Como hemos mencionado anteriormente para seleccionar los casos empíricos de este trabajo y explicarlos adecuadamente hemos utilizado el modelo conceptual de Scott [1] que identifica dos tipos básicos de entorno: entornos institucionales o entornos técnicos, si bien estos dos tipos de entorno no se suelen dar de una manera pura y rígida, sino que constituyen de alguna manera dos características que se pueden combinar en cuanto a intensidad e influencia de una manera variable, si constituyen dos soportes conceptuales válidos para explicar los determinantes contextuales que expliquen el grado de intensidad y sostenibilidad de las prácticas de gestión que una organización implementa, en nuestro caso programas de calidad.

Es preciso aclarar que los conceptos desarrollados o las tipologías no suelen describir de forma completa las características de un fenómeno dado, por lo tanto para poder analizar los casos agregaremos al concepto de entorno técnico e institucional el término *predominio*, que supone un grado o inclinación de un fenómeno dado hacia unas características u otras en la conformación del entorno, no es sencillo poder acomodar los casos empíricos como casos puros, por lo tanto podemos decir que en algunas casos predominan los ambientes institucionales y en otros hay una mayor predominio de los entornos técnicos.

Para Scott [1] los dos tipos de control tanto técnico como institucional no son alternativas exclusivas, suelen estar negativamente correlacionadas pero se dan en los hechos en diferentes combinaciones posibles. En un sentido similar Selznick [3] enfatiza la distinción entre factores de naturaleza técnica e institucional, pero estos están profundamente interrelacionados y coexisten en permanente tensión. Los medios técnicos tienen implicaciones para los valores, y los valores dependen de “mundanos arreglos administrativos” en orden a ser mantenidos. Las instituciones corporizan valores no obstante lo que es bueno para los sistemas operativos no necesariamente sirve a los estándares o ideales que las instituciones sostienen. A menudo los líderes mejor intencionados fallan al no percibir los efectos culturales y simbólicos de lo que aparece meramente procedimental u operacional.

Pasaremos a describir a continuación los dos casos de implementación de prácticas de calidad, en primer lugar un caso de predominio de un entorno institucional en un organización pública, la municipalidad de San Nicolás en la provincia de Buenos Aires, donde coexisten determinantes institucionales y técnicos que están en disputa dentro de diferentes ámbitos del municipio, y en segundo lugar un breve comentario de una empresa donde se puede observar un mayor predominio de imperativos de naturaleza técnica, una organización de servicios a empresas del área económica local de San Nicolás.

2. Predominio de ambiente institucional sobre el ambiente técnico: El caso de la Municipalidad de San Nicolás:

La Administración Pública y los gobiernos locales no han estado exentos de los cambios que ha sufrido el entorno global del sector privado. La lógica de la modernización y mejora de la gestión pública, sustentada en la aplicación de prácticas de gestión de calidad, fue asumida por muchos gobiernos locales en los últimos años con la intención declarada de mejorar sus procedimientos de

trabajo y la calidad de los servicios públicos, y así poder lograr una imagen de eficiencia y transparencia en la gestión. Paralelamente algunos gobiernos locales comenzaron a incorporar nuevas funciones y puestos directivos vinculados a la “modernización” del estado, orientados a implementar reformas administrativas. En este trabajo nos proponemos realizar una lectura de estas experiencias analizando un caso específico en la Argentina, el Honorable Concejo Deliberante y la Municipalidad de la ciudad de San Nicolás.

El caso particular que nos atañe en este trabajo, el Honorable Concejo Deliberante (Legislativo, a partir de ahora HCD) de la ciudad de San Nicolás de los Arroyos y la Municipalidad de la misma ciudad (Ejecutivo, a partir de ahora EM) constituyen una experiencia pionera en la implementación de prácticas de calidad iniciada en el año 2001 y extendida hasta el año 2008, aún antes de la aparición de los programas oficiales del gobierno de la provincia de Buenos Aires para difundir la introducción de prácticas de gestión de calidad en el estado. Desde el punto de vista institucional la incorporación de prácticas de calidad en la gestión pública ha sido impulsada en la provincia de Buenos Aires desde el gobierno provincial a través de un programa denominado MUNICIPALIDAD, con el fin de obtener el mayor número posible de municipios con al menos un proceso certificado. A tal fin se han incorporado facilitadores y el apoyo económico para hacer frente a las necesidades de certificación.

Estas innovaciones, al menos en las declaraciones explícitas de los encargados de realizarlas y reflejadas en los documentos creados para justificarlas, parecen originarse en presiones por parte de los ciudadanos para obtener de las entidades públicas una mayor cantidad y variación de prestaciones, bienes y servicios públicos; demandando, al mismo tiempo, unos niveles cada vez mayores de calidad en su realización y entrega, con el objetivo de superar la conflictividad y el deterioro de la imagen social de las instituciones públicas durante la crisis del año 2001. Ello ha supuesto una reorientación de la gestión pública a través de la adopción de una filosofía de gestión orientada al ciudadano, que pasaba a ser considerado como usuario activo y no como un mero receptor de los servicios públicos. Así las autoridades del HCD declaraban en el año 2001 [4] en relación a la pérdida de confianza en la institución:

...Tiempos estos en los cuales un creciente desencanto parece minar la creencia popular en las virtudes de las instituciones de la democracia

Una particularidad relevante del caso que analizamos es que supone un precedente en la institucionalización de nuevas prácticas de gestión impulsadas por actores institucionales no tradicionales, ya que son pocos los casos en que se pueden registrar, al menos en la Argentina, de intervenciones directas de empresas privadas orientadas a modificar sistemas de gestión en organizaciones públicas. En el caso que describimos la empresa multinacional Techint de origen argentino, cumplió un papel activo por medio de la fundación Sophia, organización con fuertes vínculos con esta empresa y con otras del mercado argentino. En el año 2001, enmarcado en la crisis que sacudió a la Argentina, el municipio de San Nicolás estuvo ocupado por organizaciones sociales durante el lapso de un mes. Es en este contexto en el cual una organización con fuerte impronta política como el Honorable Consejo Deliberantes (HCD) y el propio ejecutivo municipal posteriormente, desbordados por lo que percibían como una pérdida de legitimidad y debilidad política deciden recurrir al grupo Techint para implementar cambios que suponían podría hacerle recuperar credibilidad social. A su vez el grupo empresarial encontraba una oportunidad para una acción social y política que podría ser percibida como una forma de colaboración con las instituciones y la sociedad en tiempos de crisis. Así se instrumentó un paquete de ayuda económica que la organización Techint, a través de Siderar, empresa radicada en la zona y principal motor de la economía de la región; daba al gobierno local, encomendando entonces el proyecto de reforma administrativa a la consultora denominada Grupo Sophia.

Es en este contexto de fuerte crisis de legitimidad institucional, descreimiento popular en los partidos políticos y sus representantes que ambos actores, privado y público, comienzan a trabajar en un proyecto de certificación de calidad bajo normas ISO en el HCD de la ciudad de San Nicolás de los Arroyos. Esta certificación tiene por objeto consolidar un sistema de gestión por procesos, salvaguardándolo de los avatares que los sucesivos cambios de conducción en la institución pudieran provocar. Por lo tanto supone un intento de separar la gestión de los “avatares” de la política con un sentido de permanencia en el tiempo. Como explica un responsable del programa de modernización:

...la decisión fue en realidad fortalecer la gestión del gobierno que en ese momento se veía en una posición bastante endeble, se necesitaba de la salvaguarda institucional y la organización Techint vio que era una manera de aportar a la sociedad una forma de garantizar el trabajo interno y externo y hubo una decisión de apropiación de esa idea por parte de la anterior gestión.

Parece bastante clara la necesidad de las autoridades municipales de buscar legitimidad a través de la incorporación de nuevas prácticas de gestión, centradas en la incorporación de un ideario de “calidad, participación y transparencia” es de doble vía, ya que quizá son tan importantes o más que las prácticas que se pretenden incorporar, quienes son sus impulsores y ejecutores en este caso la empresa Techint y el grupo Sophia. Del texto del acuerdo se desprende que las autoridades municipales necesitaban “otra institución” con credibilidad social que pueda hacerse cargo de la implementación para dotarla de soporte y credibilidad.

Parece claro que las decisiones de los responsables del legislativo recogidas de manera textual en el Informe de Gestión 2001-2005 [4], reflejan de manera compleja las presiones de naturaleza institucional más caras a las perspectivas de Selznick, en el cual se articulan de manera simultánea ciertas determinaciones de *naturaleza técnica* (apelaciones a la eficiencia):

...una creciente y justificada insatisfacción social han comenzado a cuestionar abierta o solapadamente (las instituciones) y a asociarlas a la ineficiencia cuando no a la corrupción

De *naturaleza cultural y valorativa* (un cierto orden moral e integridad insoslayable) que obligaría a las instituciones a actuar en respuesta a las demandas:

...dando testimonio permanente y constante de trabajo fecundo, responsabilidad en la gestión y transparencia en cada uno de sus actos, protagonismo y compromiso

Y por último de *naturaleza política* (necesidades de supervivencia política actuando estratégicamente), como expresaba un concejal del equipo de gobiernos elegido en el mismo informe de gestión citado anteriormente:

...no reconocerlo (la pérdida de legitimidad) claramente desde la política nos acercaría al autismo o lo que es peor aún a la estupidez

La introducción de prácticas de gestión por demandas institucionales tuvo dos respuestas diferenciadas dentro de la estructura organizativa, por un lado en el HCD las innovaciones desarrolladas por el equipo de gestión del grupo Sophia se implementaron sin mayores contratiempos, en parte quizá por ser una estructura de naturaleza política más expuesta a las demandas sociales, logrando una certificación más previsible. En cambio no fue igualmente satisfactorio y sencillo de implementar en el EM, siguiendo el punto de vista institucionalista de Selznick [3], podríamos afirmar que es el núcleo del sistema técnico de la organización y por lo tanto el lugar en que las demandas institucionales se confrontan con los requerimientos técnicos. Los comentarios del funcionario entrevistado lo expresan de una manera clara:

... en principio la idea (introducir prácticas de calidad) tal vez no haya sido mala, pero luego en el momento de la ejecución es donde empiezan a surgir los problemas porque el grupo Sophia se apropia de la gestión y en esto empieza la división. Es decir el equipo que tenía a su cargo toda la organización era del legislativo, tuvo mejor trato con el personal, pudo trabajar a puertas abiertas, no hubo negación de la información...y lograron certificar calidad en todo lo que el procedimiento legislativo, desde que se inicia un expediente hasta que se deriva el tratamiento de los concejales...

...Luego la actividad en el ejecutivo fue distinta, porque el equipo que llevaba cabo las tareas tuvo una actitud más invasora respecto a lo que era el trabajo de los empleados, hubo oficinas que lo sintieron como una invasión por parte del grupo Sophia.

Los comentarios reflejan las dificultades de un grupo externo a la estructura municipal para actuar como un agente de cambio interno, sus dificultades políticas para impulsar la estandarización de algunos procedimientos internos vinculados a la administración de personal, y la reacción que origina la intervención del grupo Sophia:

...el día que se retira el grupo Sophia automáticamente el personal rompió lo que se había hecho, desde los archivos de personal que se habían digitalizado, es decir todo lo que había significado una incursión del grupo (Sophia).

Pese a las dificultades anteriormente señaladas fue en el HCD donde la mejora en los procesos técnicos parecen haber respondido más eficazmente a las demandas institucionales que dieron origen a las intervenciones del grupo Techint y la consultora Sophia: elevando la productividad del cuerpo legislativo municipal, la calidad de la información que se brinda y mejorando su imagen general, muy afectada desde la fuerte crisis política e institucional del año 2001, logrando avanzar diferenciándose de la idea generalizada que vulgarmente se tiene del municipio como un “cuerpo” indiferenciado, burocrático y con poca contracción al trabajo de parte del conjunto de sus empleados. Como señala uno de los entrevistados:

La productividad del cuerpo mejoro, por el hecho de poner indicadores para cumplir metas, antes, por ejemplo, las resoluciones del cuerpo al terminar la resolución, se tomaban entre quince y veinte días entregar esas resoluciones al ejecutivo para ser aprobadas, hoy tenemos un indicador que son ocho días y se está haciendo en cuatro días.

...cuando uno habla del concejo deliberante todos nos acordamos de los concejales, normalmente no nos acordamos bien, esa es la verdad, entonces la gente venía y creía que todo era lo mismo, la administración y los concejales eran todo lo mismo...Pero ahora se dieron cuenta de que son dos cosas distintas y se mejoró bastante, incluso también el acceso a la información se mejoró muchísimo, desde que implementamos la página web, que eso tampoco estaba en ese entonces...hoy por hoy, termina la sesión y en quince minutos está el audio de toda la sesión en la web para escucharlo casi inmediatamente si uno quiere...

Es en el ejecutivo municipal donde se concentran las funciones fundamentales del “aparato burocrático” del municipio, en donde la experiencia no tuvo una expansión tan determinante, y el sistema técnico-burocrático se vio afectado en menos medida, localizándose los mayores cambios en el área de personal. Describiremos sucintamente las acciones realizadas. Este proceso se inicia con un “análisis organizacional” para elaborar un organigrama y un manual de funciones. La ausencia de estas vitales herramientas daba como resultado un trabajo caótico en la organización. La falta de comunicación fluida permitía el funcionamiento de las distintas dependencias como compartimentos estancos, generando superposición de tareas con la consiguiente pérdida de tiempo y esfuerzo. Como sugería una de las personas encargadas de la modernización de la municipalidad, el objetivo consistía en diseñar un proyecto de modernización que contemple diseñar trabajos por procedimientos establecidos en distintas áreas y reformar aquellas estructuras que lo necesiten, evitando la superposición de funciones. Se trataba de innovaciones de carácter interno, endógenas, orientadas a aplicar tratamientos estándares por igual a todos los empleados, “atenderlos a todos de la misma manera”, lo que provocaría un efecto ampliado en una segunda etapa que llegaría a mejorar la atención a los ciudadanos y usuarios de los servicios municipales, en general “al contribuyente”.

La ausencia de registros de la documentación, no permitía una trazabilidad de la misma, lo cual generaba una falta de conocimiento sobre la ubicación física de los expedientes; teniendo como resultado en el mejor de los casos, una demora muy importante en el tratado de los temas comprendidos en los mismos. La necesidad de ordenar el trabajo en pos de lograr eficacia en el mismo y el mejor aprovechamiento de los recursos económicos, llevo al grupo Sophia a dividir a sus consultores en dos equipos de trabajo, destinados uno al departamento ejecutivo y otro al cuerpo legislativo.

El trabajo de este último grupo humano permitió elaborar los manuales necesarios para sentar las bases que permitieran a posteriori encauzar la labor administrativa del cuerpo y capacitar al personal en el trabajo por procesos y bajo normas de calidad. Finalmente se certificó el sistema de gestión de calidad bajo la norma ISO 9001 2000, siendo el ente certificador el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM).

La elección de este organismo no fue caprichosa, habiéndose desestimado en primera instancia al Bureau Veritas propuesto por la organización TECHINT; su elección fue basada en un ejercicio de soberanía. En un momento de fuerte crisis de todas las instituciones locales, no podía ser otro quien certifique más que una institución de fuerte raigambre nacional como IRAM. Una institución considerada de naturaleza “técnica, independiente y representativa”, que desde 1935 desarrolla normas. Las intervenciones del grupo de expertos y consultores del Grupo Sophia rápidamente tuvieron distinta aceptación en las dos áreas sujetas a las acciones de cambio organizacional. El equipo encargado de introducir las mejoras en el legislativo, tuvo una relación más fluida con el personal:

...pudo trabajar a puertas abiertas, no hubo negación de la información, y tuvo el acompañamiento de la autoridad política y lograron certificar calidad en todo lo que es el procedimiento legislativo, desde que se inicia el expediente hasta que se deriva al tratamiento de los concejales.

En los hechos esta experiencia derivó en la certificación de las normas de calidad de un concejo deliberante por primera vez en la Argentina.

Diferentes fueron los resultados de las intervenciones de los expertos del grupo Sophia en el área operativa de la municipalidad, en el que fueron señalados por tener un accionar “más invasivo”, o al menos esa parece haber sido la percepción de algunos informantes claves entrevistados:

...de hecho en la oficina de recursos humanos llegaron un día y se encontraron con que los habían cambiado de lugar de trabajo con todos los escritorios mirando contra la pared, con algunas prácticas que rayan la prepotencia, les pateaban los escritorios a quienes se negaban a colaborar...cuando el grupo Sophia se retiró posteriormente todo el personal destruyó todo lo que habían hecho, desde los archivos de personal que se habían digitalizado, es decir todo lo que había implicado la excursión del grupo Sophia...

Esta experiencia condicionó la introducción posterior de otras experiencias de mejora de la calidad de la gestión, posteriormente en el año 2009 se certificó la norma ISO 9000 y se pasó la auditoría de control en el 2010. Estas actividades de mejora se implementaron básicamente en el área funcional de administración de personal. Dicha unidad era cuestionada con demandas reiteradas por parte del personal de la municipalidad. En algunos procedimientos, especialmente sensibles para los empleados, fundamentalmente aquellas actividades que implicaban manejo de dinero, como la liquidación de haberes, en los cuales había tratamientos diferenciados, “intercambio de favores” según el lugar de trabajo y la cercanía del vínculo que se tenía con los encargados de registrar las inasistencias. Así uno de los responsables de estas acciones ilustra claramente la naturaleza de los problemas que existían:

...Lo que se da es la cercanía con el empleado que está involucrado en determinada tarea, cuanto más cercano es el agente a ese empleado, mayor facilidad tiene para hacer su trámite o que sean escuchados sus reclamos. Cuanto más lejos esté, literalmente hablando en términos geográficos, de la organización mayores inconvenientes tiene para poder presentar sus reclamos o para que se le dé una respuesta.

...Por ejemplo, yo soy el agente x, faltó porque tengo un problema, llamo porque soy amigo de la empleada que recibe estos informes le aviso que estoy enfermo y automáticamente registra que estoy enfermo, no me hacen el descuento correspondiente por no traer el certificado. Es decir, se diluía todo este control. En cambio si trabajo en el corralón, no conozco a nadie; me enfermé no teniendo teléfono para avisar y vengo al día siguiente para traer el certificado. Al mes, al momento de cobrar, me encuentro con un descuento por no avisar a tiempo...

Esta experiencia pretendía ser trasladada posteriormente a la oficina de compras y liquidación de ingresos a través de tasas, con la intención de que todo el flujo de dinero desde que ingresa y llega a empleados y proveedores este bajo normas de calidad.

La idea central que se pretendía implementar consistía en un sistema de gestión de calidad con el apoyo de un manual de procedimientos, mapas de procesos y un análisis de perfiles de puesto con misiones y funciones; esto habría permitido, al menos en la intencionalidad declarada, un trabajo por procesos ordenado, de fácil control en tiempo y forma de ejecución, con responsabilidades acotadas y definidas para cada empleado. Los impulsores de las medidas suponían consecuentemente que el clima laboral mejoraría en función de un ordenamiento de las tareas y del lugar de trabajo, tomando de cada agente su habilidad natural y capacitándolo en función de las necesidades. Es decir que se presentan dos aspectos, por un lado la parte técnica y formal de la calidad, denominada sistemas de calidad, y por el otro, la “parte humana” vista como un factor estratégico de competitividad y productividad. La importancia de la mejora del clima organizacional radicaba en que este reflejaba las percepciones que los empleados tienen con respecto a su medio laboral, el compromiso a futuro era desarrollar un sentido de pertenencia, y como consecuencia de ello mejorar a su vez el concepto que tiene el ciudadano de los empleados públicos.

La búsqueda de la “certificación de calidad” era un ideal aunque no un fin en sí mismo, consecuencia de un trabajo previo de análisis y ordenamiento, que se produciría como forma de consolidar los cambios introducidos; solo en algunos casos era el objetivo buscado desde el inicio del proceso.

En el caso que nos atañe, el camino a la certificación comenzó con un análisis del perfil de puesto. Éste fue realizado mediante entrevistas al personal y observación de las tareas en el lugar de trabajo; de esta manera se pudo conocer las aptitudes y actitudes del personal, luego se procedió a elaborar los mapas de procesos de las distintas actividades, los cuales fueron documentados en un manual de procedimientos. Éste se constituyó como una presentación por escrito, en forma narrativa y secuencial, de cada una de las operaciones que se realizan a lo largo de cada proceso del HCD, explicando en qué consisten, cuándo, cómo, dónde, con qué y quiénes son los responsables de llevarlas a cabo. Se registró en el mismo, la información básica referente al funcionamiento de todas las unidades administrativas, facilitando las labores de auditoría, evaluación y control interno, al tiempo que contribuyó a la toma de conciencia, de empleados y superiores, de las buenas prácticas procedimentales.

Con la elaboración del organigrama y definidas a través del mismo las funciones del personal, comienza a manifestarse un orden de trabajo, el cual facilita las labores cotidianas. La mejor utilización de los espacios y el reordenamiento de las oficinas y estaciones de trabajo disminuyeron las fricciones existentes hasta entonces entre los agentes. Durante esta etapa se dictaron charlas de sensibilización para el personal referentes a los cambios introducidos y las ventajas de trabajar bajo normas. Se realizaron cursos del método 5 S para lograr mantener el orden y la limpieza de los lugares de trabajo. Un equipo de agentes seleccionados realizó cursos de auditores internos y normas de calidad, dictados por IRAM en la ciudad de Rosario; éstos actuaron luego como facilitadores en la institución. Uno de ellos es en la actualidad el responsable de calidad del sistema exigido por la norma. Una vez superadas la auditoría interna y la de certificación se logró el esperado certificado de calidad que se mantiene hasta la actualidad.

3. Predominio de ambiente técnico sobre el ambiente el institucional: El caso de una empresa de servicios:

El caso representativo del cuadrante con predominio del ambiente técnico (en fase aún de análisis) por sobre el ambiente institucional es una organización de servicios, de mediano tamaño, pensada y diseñada para brindar soluciones técnicas a grandes industrias. La organización está ubicada en la Ciudad de San Nicolás dentro del Parque Industrial Comirsa, y se especializa en desarrollos técnicos que pertenecen a la cadena de valor en el área de movimiento de materiales dentro de empresas de grandes dimensiones, en atención a las necesidades de desarrollos técnicos personalizados o servicios temporarios en los mercados Mineros, Industrial, Portuarios, entre otros, prestando servicio de “Outsourcing In-Company” tales como:

- Movimentación general y calificada
- Alquiler de maquinarias con y sin chofer
- Mecánica especializada
- Capacitaciones
- Reingeniería de Lay in – Lay out
- Deposito al aire libre

La organización responde a todos los criterios fundamentales que determinan un ambiente predominantemente técnico: se desarrolla en un ambiente competitivo, fuertemente técnico, con una marcada dependencia de recursos y fuerte control técnico de sus procesos, buscando ganar y mantener una posición consolidada en el mercado.

La organización ha sido pensada desde su origen en base a un sistema de gestión de la calidad, con descripción de puestos de trabajo, procedimientos, registros y el sistema de documentación correspondiente. De la información relevada hasta la fecha surge la idea de una fuerte convicción del fundador en los beneficios de un sistema de gestión de la calidad asociados a la eficiencia de la empresa, con la idea arraigada en la alta dirección de la organización de que el sistema de gestión de la calidad debe ser el idioma de trabajo de la empresa, que el sistema de gestión brinda datos estadísticos que permiten analizar los consumos específicos, evaluar la utilización de maquinarias, y permite tener un sistema con alta trazabilidad, todos estos elementos valiosos para la competitividad y supervivencia de la organización.

Se ha observado en la organización que el proceso de certificación del sistema de gestión de la calidad ha demandado una gran cantidad de tiempo, manteniéndose como proveedor de segunda categoría, hasta el convencimiento por parte de la alta dirección de la sustentabilidad del

mencionado sistema. Esta situación ha generado una tensión entre lo institucional y lo técnico, expresada en la visión del gerente de la empresa, que manifiesta la necesidad de certificar calidad para conseguir mejores contratos en base a un sistema de calificación de proveedores de doble vía, a la vez que quien califica también exige un bajo precio, es decir que puede contarse con un muy buen sistema de gestión, con buenos procedimientos y baja cantidad de accidentes laborales; pero también se debe competir en el precio.

La alta dirección considera al sistema de gestión de la calidad como “el idioma” de la organización, conocido y hablado por todos, y manifiesta que de otra forma solo se obtiene el reconocimiento de IRAM como una cuestión de legitimidad frente al entorno pero que no se obtienen los beneficios esperados del sistema, lo que supone una forma explícita de confirmar nuestros presupuestos teóricos, si consideramos que la legitimidad es una presión institucional. De igual forma la alta dirección considera que el sistema de gestión de la calidad otorga sustentabilidad a la organización y la hace más independiente de los cambios de conducción o de personal.

Desde el punto de vista técnico se han incorporado herramientas de calidad con una orientación a la prestación de servicios entre las que se mencionan el diagrama de Ishikawa, análisis de fallas y metodología para la resolución de problemas, acompañadas de un plan de capacitación para su utilización y la motivación por parte de la empresa para que el personal adquiriera experiencia en el sistema de gestión bajo la idea de que una herramienta funciona cuando más del 80% del personal sabe utilizarla; con un precepto de menos cantidad, pero conocidas por todos la organización selecciona las herramientas a utilizar.

El sistema de gestión de la calidad le ha permitido a la organización implementar un sistema de reclutamiento de personal y un plan de capacitación anual del personal. El sistema de gestión fue implementado con la idea de ordenar los procesos generales de gestión y documentar los procedimientos que están al alcance de todos los miembros de la organización. La certificación del sistema de gestión de la calidad según la norma ISO 9001 ha requerido solo pequeños ajustes del sistema implementado. Esto ha reforzado la creencia de la alta dirección de la empresa que la certificación realizada solo para cumplir una formalidad representa una ardua tarea, con resistencias internas y alto costo económico; mientras que el convencimiento en el uso del sistema como ventaja competitiva disminuye estos efectos.

Para afianzar el sistema la empresa recurre a anécdotas e historias de casos resueltos con éxito, que contribuyen a la creación de una visión compartida y fortalece el trabajo en equipo y la participación de los trabajadores.

La alta dirección atribuye al sistema de gestión de la calidad una mejora en el clima laboral y en la imagen externa de la empresa, sumado a un aumento de la competitividad. En un ambiente donde el precio de venta es de vital importancia la empresa obtiene contratos aún a precios superiores a los de la competencia.

4. Conclusiones finales:

La información relevada confirma que en los entornos de naturaleza fuertemente institucional, de naturaleza política y con fuerte sustrato de culturas organizacionales burocráticas las prácticas de calidad son de más compleja implementación, en cambio en otras áreas de la organización como el HCD se pueden implementar ya que suponen respuestas políticas a demandas sociales específicas.

La implementación y posterior certificación de un Sistema de Gestión de la Calidad en el HCD y en el EM de la ciudad de San Nicolás de los Arroyos, ha sido una experiencia parcialmente exitosa y refleja las tensiones entre las fuerzas institucionales que pueden inducir un cambio y la naturaleza técnica de carácter complejo de las organizaciones públicas, como bien expresaba un responsable de recursos humanos:

...estamos atados a muchas leyes, reglamentos internos y demás que están por sobre la norma, entonces se complica mucho, cuando se arma un procedimiento por ejemplo hay que ir a la constitución nacional, a la provincial, al reglamento interno, o sea hay que navegar por todos los documentos anteriores para saber si lo que vamos a escribir se va a poder emitir o no...

El cambio pareció difícil de aceptar en un principio, ya que las rutinas diarias y las tareas se realizan de acuerdo a usos y costumbres. Los consultores recurrieron a la capacitación del

personal, como herramienta adaptativa y sensibilizadora, implementando un plan de capacitación anual de formación de los agentes en prácticas de calidad.

Algunos logros se pueden identificar, ha mejorado sustancialmente la comunicación interna y externa de cara al ciudadano, quien puede a través de la página web del HCD, tener acceso a ordenanzas, decretos y demás documentos del mismo; puede tener acceso al audio y video de las sesiones muy pocos minutos después de culminada. En este punto cabe destacar que la intranet ha permitido acelerar los procesos de trabajo y carga del material.

Se garantizaron numerosos medios de participación ciudadana, a través de una línea telefónica gratuita, de su página web, del registro de reclamos en un libro para tal fin y la encuesta de satisfacción que se realiza habitualmente. El trabajo en equipo es uno de los puntos más difíciles de alcanzar, debido a que los empleados provienen de distintas gestiones de gobierno, diferentes facciones partidarias y una “cultura organizacional” muy propia de las instituciones públicas.

En contraste en la empresa de servicios no existen limitaciones institucionales que restrinjan la plena utilización de las prácticas de calidad, existe un gran alineamiento entre las demandas técnicas de entorno y la implementación interna de las prácticas, no se producen complejos procesos de intermediación y aceptación de las prácticas de calidad, domina un discurso competitivo afín a los objetivos y al “espíritu” de calidad, permitiendo la utilización plena de las herramientas, aun las que se suponen más complejas de adaptación al contexto de la organización. El presidente de la empresa centra las decisiones fundamentales de calidad en su propia esfera de mando e impone el nuevo “idioma” al parecer sin mayores resistencias, por lo tanto se puede considerar un predominio marcado de entorno técnico sobre institucional, lo que supone consecuencias sustanciales en el grado de consolidación e institucionalización de las prácticas de calidad si lo comparamos con la experiencia municipal.

5. Referencias:

- [1] Scott, W. 1998. Organizations: Rational, Natural and Open Systems. Canadian Journal of Sociology / Cahiers canadiens de sociologie · January 1998
- [2] Di Maggio and Powell. 1983. The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields. American Sociological Review Vol. 48, No. 2 (Apr., 1983).
- [3] Selznick, P. 1949. TVA and the grass roots; a study in the sociology of formal organization. Berkeley, CA: Univ. of California Press.
- [4] Informe de Gestión 2001-2005. Honorable Concejo Deliberante (HCD) de San Nicolás, 2005.

Complejo Respiratorio Bovino y Acidosis, principales enemigos de los FeedLot.

Sanchez Ariana
Cañete Maria Violeta

UTN – facultad regional de trenque lauquen (FRTL).
Racedo 298.
(6400) Trenque Lauquen, Buenos Aires, Argentina.

ariana.sanchez23@hotmail.com
violet.444@hotmail.com

Resumen

La necesidad de tomar decisiones en escenarios donde intervienen muchas variables, puede llegar a ser muy desconcertante. La búsqueda de la eficiencia y la productividad de las organizaciones contribuyen a adoptar metodologías de apoyo en la toma de decisiones, en general, y para el fomento de la competitividad. Es por ello que los métodos multicriterios de análisis de decisiones permiten encontrar una solución óptima, con una base, sustentada en elementos científicos, que aportan mejoras para asumir una decisión. Estos establecen prioridades entre alternativas que son afectadas por variables con diferente peso relativo y cuya ponderación es subjetiva en relación a diversos objetivos que se desea cumplir.

Palabras claves: Neumonía, Leedlo, Acidosis, AHP, ANP.

Abstract

The need to make decisions in scenarios involving many variables can be very disconcerting. The search for efficiency and productivity of organizations contribute to adopt methodologies of support in decision-making, in general, and for the promotion of competitiveness. This is why multicriteria methods of decision analysis allow us to find an optimal solution, with a basis, based on scientific elements that provide improvements to make a decision. These establish priorities among alternatives that are affected by variables with different relative weight and whose weighting is subjective in relation to several objectives that are desired to be met.

Key words: Pneumonia, Feed Lot, Acidosis, AHP, ANP.

Introducción

La Toma de Decisiones es una de las actividades de los seres vivos en la que mejor se aprecia su nivel de evolución y organización. En los humanos, decidir es uno de los tópicos que más ha ocupado a la especie en su tratamiento desde todos los puntos de vista (filosóficos, sociológicos, psicológicos, económicos,...) y que mejor refleja su conocimiento, su procedimiento y, por último, su grado de libertad.

El Proceso de Jerarquización Analítica (AHP) nos sirve para encontrar solución a problemas siguiendo un ordenamiento jerárquico. Se busca la distribución de una propiedad entre los elementos que son comparados, para juzgar cual tiene más de esa propiedad. Los elementos son comparados de acuerdo a la dominancia con relación al resto de los elementos. Mientras que El proceso de red Analítica (ANP) es una generalización del AHP, donde se modelan sistemas interrelacionados, a través de redes, estas buscan la distribución de la influencia de los elementos sobre los demás con respecto a una propiedad. Las comparaciones se hacen de acuerdo a la influencia dominante de cada elemento con los demás. La mayor diferencia entre ambas metodologías es que ANP permite incluir relaciones de interdependencia y realimentación entre elementos del sistema. Utilizaremos estos métodos con el fin de seleccionar las alternativas adecuadas en las que intervenir en establecimientos de engorde a corral.

Hoy se ofrecen grandes oportunidades para la formación de compañías ganaderas. Esta situación nos motiva a creer que habrá un crecimiento importante en el número de feedlot. Teniendo en cuenta que la Argentina atraviesa situaciones de crisis y de cambios cada vez más rápidos, con la necesidad de adaptarse a nuevas demandas en cuanto a cantidad y calidad de productos. Esto ha significado en el caso de la carne la modificación del sistema pastoril puro, tradicional de la Argentina, a distintos tipos de sistemas que incluyen la suplementación con granos, subproductos industriales o forrajes conservados, hasta la alimentación a corral. Esto ha significado que el productor debió ir adaptándose a las nuevas demandas, no solamente intensificando su producción con el objetivo básico de permanecer como tal, sino también aumentando la plasticidad de su sistema. De aquí surge la necesidad de resolver los problemas que disminuyen con la productividad de los sistemas, siendo uno de ellos las enfermedades que más afectan a los animales en estos sistemas de engorde CRB, Complejo respiratorio Bovino y Acidosis.

La principal pérdida en los feedlot son los problemas de manejo que representan un uso ineficiente de los recursos, por ejemplo, el 80 % del costo de un feedlot es la alimentación, un mal manejo de la alimentación en un feedlot de estas características representa 10 veces el gasto de una mortandad. El cual es uno de los principales motivos que desencadena en las enfermedades nombradas anteriormente y en una ineficiente conversión de grano a carne.

1.1 Herramientas utilizadas.

El Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), introducido por Thomas Saaty (1980), es una herramienta que ayuda a tomar decisiones complejas, y puede auxiliar al decisor a establecer prioridades y optar por la mejor. Al reducir las decisiones complejas a una serie de comparaciones por parejas, sintetizando los resultados, el AHP ayuda a capturar los aspectos subjetivos y objetivos de una decisión. Además, la AHP incorpora una técnica útil para comprobar las evaluaciones del decisor, reduciendo así el sesgo en el proceso de toma de decisiones.

Por otra parte, el AHP puede requerir un gran número de evaluaciones por parte del usuario, especialmente para problemas con muchos criterios y opciones. Aunque cada evaluación es muy sencilla, ya que sólo requiere que el tomador de decisiones exprese cómo dos opciones o criterios se comparan entre sí.

El proceso de la Red Analítica (ANP) es el marco más amplio para el análisis de decisiones de la sociedad, gubernamentales y empresariales que está disponible hoy para la toma de decisiones. Se trata de un proceso que permite incluir todos los factores y criterios, tangibles e intangibles que inciden en hacer una mejor decisión. El proceso de la Red Analítica permite la interacción y retroalimentación dentro de los grupos de elementos (dependencia interna) y entre los grupos (dependencia externa). Tal retroalimentación capta mejor los complejos efectos de interacción en la sociedad humana, sobre todo cuando el riesgo y la incertidumbre están involucrados.

Tanto el AHP y ANP se derivan las prioridades relación de escala para los elementos y grupos de elementos haciendo comparaciones por pares de los elementos de una propiedad común o criterio.

El proceso de red analítica (ANP) es una generalización del Proceso de Jerarquía (AHP), considerando la dependencia entre los elementos de la jerarquía. Muchos problemas de decisión no pueden estructurarse jerárquicamente porque implican la interacción y la dependencia de los elementos de nivel superior en una jerarquía en elementos de nivel inferior.

1.1.1 ¿Cómo funcionan?

La AHP considera un conjunto de criterios de evaluación y un conjunto de alternativas, entre las que se debe tomar la mejor decisión. Es importante señalar que no es cierto, en general, que la mejor opción es la que optimiza cada uncriterio, más bien el que consigue el equilibrio más adecuado entre los diferentes criterios.

El AHP genera un peso para cada criterio de evaluación según las comparaciones por parejas de los criterios. Cuanto mayor sea el peso, más importante será el criterio. A continuación, para un criterio fijo, la AHP asigna una puntuación a cada opción según las comparaciones entre pares de las opciones basadas en ese criterio. Cuanto mayor sea el puntaje, mejor será el rendimiento de la opción con respecto al criterio considerado. Finalmente, el AHP combina los pesos de los criterios y las puntuaciones de las opciones, determinando así una puntuación global para cada uno. La puntuación global para una opción dada es una suma ponderada de los resultados obtenidos con respecto a todos los criterios.

Aunque el AHP es conceptualmente fácil de utilizar, su estricta estructura jerárquica no puede abordar la complejidad de muchos problemas reales, como solución se propone trabajar en paralelo con el ANP, por medio del cual se puede representar un modelo de red que relacione todos los criterios que influyen en las variables entre sí, y en sí mismos.

Mientras que la ANP está representada por una red, en lugar de una jerarquía.

La estructura de retroalimentación no tiene la forma de arriba a abajo de una jerarquía pero se parece más a una red, con ciclos que conectan sus componentes de elementos, que ya no podemos llamarlos niveles, y con bucles que conectan un componente a sí mismo.

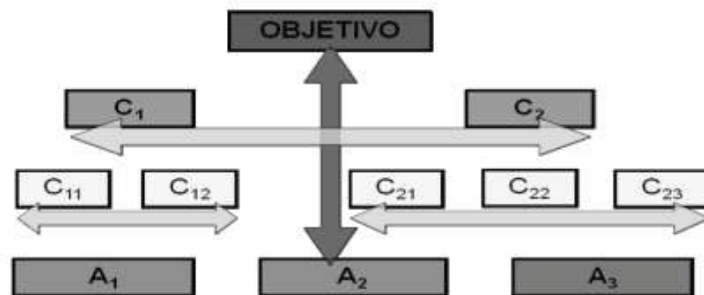
El desafío consiste en determinar las prioridades de los elementos de la red y determinar las alternativas de la decisión para justificar la validez del resultado.

1.1.2 Características del AHP y ANP

El AHP es una herramienta muy flexible y potente gracias a las puntuaciones, y al ranking final obtenido, el mismo surge sobre la base de las evaluaciones relativas par a par de los criterios y las opciones proporcionadas por el usuario. Los cálculos realizados por la AHP se guían siempre por la decisión experiencia del entendido en el tema, es por esto que el AHP puede considerarse como una herramienta capaz de evaluaciones (tanto cualitativas como cuantitativas) realizadas por el tomador de decisiones en una clasificación. Además, el AHP es simple porque no hay necesidad de construir sistema demasiado complejo.

Mientras que la característica esencial de ANP, a diferencia de AHP, es que permite incluir relaciones de interdependencia y retroalimentación entre los elementos del sistema. Una presentación grafica de lo dicho, lo tenemos presentado en el grafico a continuación, donde en el

esquema jerárquico las relaciones de abajo arriba y de arriba abajo son las que consideran AHP, mientras que ANP tiene en cuenta esas relaciones mas también las que aparecen de derecha a izquierda y viceversa dentro de cada jerarquía.



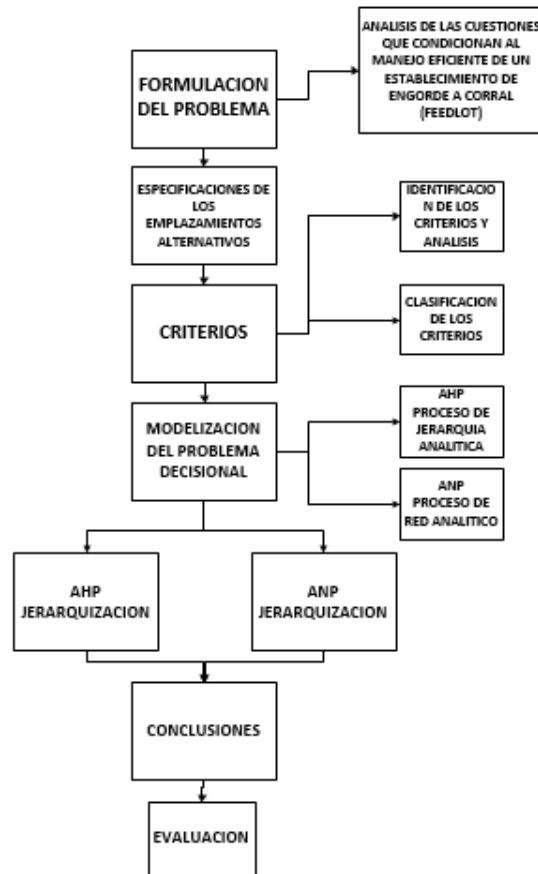
2.1 Desarrollo

La selección de una serie de proyectos depende tanto del proyecto en si como de su ámbito de aplicación. Los proyectos están sujetos a incertidumbres de costo, plazo y calidad en su ejecución e implementación, situaciones que los hacen más eficientes o que pueden provocar enormes pérdidas. La optimización de los criterios una vez realizados estos análisis brinda la oportunidad de generar una jerarquización según el nivel de proporcionalidad que tengan con las variables.

El campo de acción donde se utilizaran estas herramientas para convertirlo en un proceso más eficiente es en un Feedlot o engorde a corral.

La principal perdida en estos establecimientos son los problemas de manejo, representando un uso ineficiente de los recursos, por ejemplo, el 80 % del costo de un feedlot es la alimentación, un mal manejo de la misma en un establecimiento de gran tamaño representa 10 veces más de lo que afecta la mortandad sin causas. Ya que la mala alimentación provoca enfermedades generando poca conversión de alimento en carne, perdidas enormes de dinero por el costo de tratamientos, animales enfermos que pueden originan contagios masivos y hasta la muerte, entre otras.

El estudio en cuestión se desarrolla con una base de datos de uno de los feedlot hotelero comerciales más grandes de Argentina, Ser Beef, ubicado en Comandante Granville en la provincia de San Luis, el cual cuenta con una cantidad de 40000 animales hoy en día teniendo una capacidad total de 50000 animales. El feedlot tiene una rotación de 120000 a 160000 cabezas por año. En siguiente diagrama se esquematiza como se desarrolla el proceso para la toma de decisiones.



Proceso de decisiones

En la tabla N° 1 se presenta la tabulación de la cantidad de animales muertos según los resultados de su necropsia, habiendo hecho un exhaustivo análisis de la base de datos aportada por el médico veterinario Cesar Corredera, responsable del feedlot mencionado anteriormente. Se observa una fracción de la mortandad total en un periodo de 2 años, el cual suma un número de 3250 cabezas, lo que representa el 1 % de los animales que pasaron por el proceso de engorde en el tiempo determinado.

Como se puede observar en la tabla, la mayor cantidad de muertes se produce por Neumonías, mientras que las siguientes son una serie de enfermedades que se las tenemos que asignar a otros ítems como a la Acidosis ya que el animal comienza con esta enfermedad y deriva en otra hasta provocar la muerte, ya que la Acidosis es una enfermedad muy silenciosa.

2.1.1 Complejo Respiratorio Bovino

El CRB es un proceso de etiología multifactorial en los que se encuentran involucrados factores predisponentes como el medio ambiente (temperatura, humedad, etc.), el manejo (hacinamiento, nutrición, tropas de diferente origen), cuerpos extraños (alimento pulverulento y polvillo ambiental), agentes primarios virales (inmunosupresores), elementos tóxicos (3 Metilindol-3 MI) y agentes secundarios (bacterias) que ocasionan el efecto patógeno, haciendo que se desarrollen distintos tipos de neumonías afectando directamente a la eficiencia de estos sistemas productivos.

De acuerdo a los síntomas clínicos de la enfermedad, se pueden realizar varias calificaciones para tratar de establecer una escala que clasifique al estado por el cual está atravesando el animal. Una de ellas es la siguiente, basada en la gravedad de la presentación de los síntomas:

Calificación CBR	1 Normal	2 Leve	3 Moderada	4 Aguda	5 Moribundo
Frecuencia respiratoria	Normal (20 a 30 respiraciones por minuto).	Aparentemente normal, con el movimiento el animal tarda en recuperar su ritmo normal.	Aumenta la frec. respiratoria.	Aumenta la frec. respiratoria.	Aumenta la frec. respiratoria.
Calidad de la respiración	Normal, costo-abdominal con buena profundidad.	Dificultad respiratoria superficial.	Dificultad respiratoria superficial.	Dificultad moderada hasta jadeante.	Dificultad intensa, el animal boquea para inspirar.
Temperatura corporal	Normal. Fiebre en las etapas iniciales de infección.	Fiebre (más de 40°C).	Fiebre (más de 40°C).	Fiebre (más de 40°C).	Fiebre (más de 40°C). Hipotermia en algunos casos.
Actitud del animal	Alerta y activo.	Depresión.	Depresión, anorexia y lasitud.	Depresión, anorexia y lasitud. Se aparta del grupo.	Depresión, sin respuesta a estímulos.
Apariencia	Normal.	Decaimiento, cabeza gacha.	Cabeza gacha con movimiento rígido. Ligero encorvamiento corporal.	Cabeza gacha, cuello rígido, encorvado, emaciación y vacío de hijares, paso tieso.	Inmóvil, postrado al punto de la muerte.
Nariz	Mucosas normales.	Mucosas normales.	Mucosas enrojecidas y húmedas	Mucosas pálidas (anemia), en ocasiones resacas por fiebre	Mucosas pálidas, en ocasiones cianóticas y resacas.
Secreciones y reflujos	Serosa, hialina	Serosa, hialina abundante con escurrimiento.	Estornudos cuando se afectan vías altas. Moco opaco que llega a tener estrias purulentas.	Tos cuando se afectan vías bajas. Moco opaco hasta purulento. Diarrea, en algunos casos.	Moco purulento que llega a tener estrias sanguinolentas. Acumulación de moco seco.
Ojos	Brillantes y activos.	Húmedos e irritados.	Húmedos. Llorosos en algunos casos.	Franco lagrimeo con fotofobia.	Resecos. Se mantienen cerrados.
Pelaje	Normal, capa limpia y lisa.	Hirsuto y opaco.	Hirsuto y sucio de secreciones (baba y moco), piel sin flexibilidad (deshidratación).	Hirsuto, sucio de secreciones (baba y moco), piel sin flexibilidad.	Hirsuto, sucio de secreciones (baba y moco) y lodo, la piel se aprecia endurecida.

2.1.2 Acidosis ruminal aguda y crónica

Una nueva dieta rica en nutrientes altamente energéticos puede ocasionar una disbacteriosis sobre todo cuando los cambios alimenticios se producen en forma brusca, ello producirá una baja en la conversión alimenticia y circunstancialmente la muerte de algunos bovinos. Animales que se apartan del lote, con signos de envaramiento, dolor en las pezuñas (laminitis) y una diarrea amarillenta, son situaciones que caracterizan a esta patología nutricional (Anexo color: Foto 4). Los hallazgos de necropsia, muestran una marcada necrosis de la pared retículo ruminal y en ocasiones podemos encontrar abscesos hepáticos. Esta situación se corrige disminuyendo la ingesta del alimento energético y aumentando el suministro de fibra en la dieta. La ruminitis producida por este trastorno nutricional, hace que las bacterias ruminales invadan el sistema venoso portal y sean de esta manera transportadas al hígado, donde pueden formar focos infecciosos que terminan transformándose en abscesos hepáticos. El ganado bovino raramente presenta sintomatología, solo con hígados severamente afectados puede verse disminuido el aumento de peso diario. Los abscesos hepáticos son hallazgos de faena y/o necropsia, encontrándose al *Fusobacterium necrophorum* como agente etiológico primario.

3.1 Aplicación de las Herramientas de Jerarquización.

En esta fase se ponderan los criterios; luego se valora cada alternativa en relación a cada criterio; finalmente se obtiene la priorización de las alternativas.

Comenzamos haciendo una evaluación de los criterios más importantes que causan estas enfermedades para la aplicación de AHP. Los mismos son:

- Temperatura
- Humedad
- Hacinamiento

- Nutrición
- Origen de la tropa
- Polvillo en el ambiente
- Barro

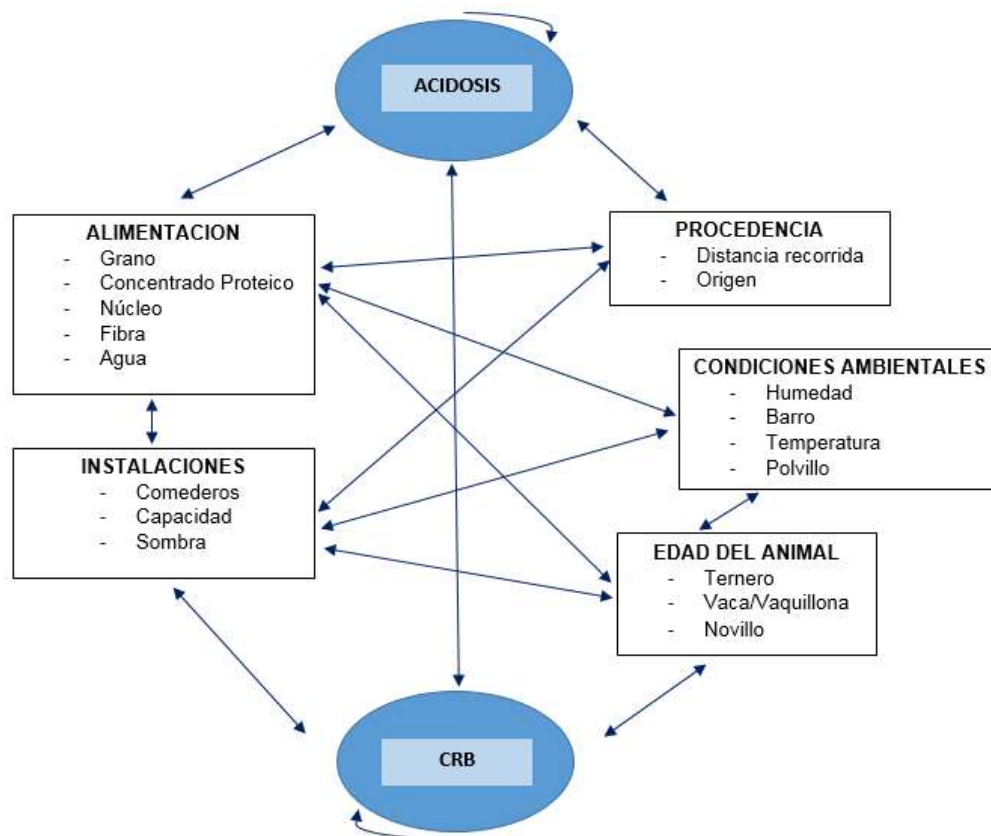
En la sección 3 se puede encontrar la Tabla N°2 – Matriz principal AHP, en ella se detalla la matriz donde se analizan los criterios de a pares comparándolos y dándoles una calificación subjetiva gracias al conocimiento experto aplicado.

En la Tabla N°3 (matriz normalizada) se calculan los vectores resultados de cada criterio, luego se aplica el promedio para obtener el vector resultado, obteniendo en el mismo la importancia de cada criterio. Como puede observarse la nutrición y el barro en los corrales son los criterios condicionantes para el desarrollo de enfermedades.

A continuación de las mismas en la Tabla N° 4 se muestra el resultado obtenido, lo que indica que los criterios anteriores favorecen al desarrollo de Neumonías (en todos sus niveles) y acidosis, pueden observarse los mismo también en el Grafico N° , el resultado coincide con los aportes obtenidos de los médicos veterinarios de distintos establecimientos de engorde a corral. (Cesar Corredera, Ser Beef; Leandro Toniolo, La Criolla; entre otros)

Como se puede ver representada en la tabla N°1, la importancia de las muertes coincide con el resultado del ejercicio resuelto con el método AHP, donde es evidente que el conjunto de neumonías (CRB) son las causantes de mayores pérdidas en un establecimientos, de engorde a corral.

A continuación comenzamos con la red ANP, en el mismo se agrupan los criterios en distintos grupos, en la red se puede observar que tanto las variables como los criterios influyen unos sobre otros



Luego planteamos la matriz de dominancia interfactorial en la Tabla N° 5 que se encuentra en la sección 3, donde se pueden observar la influencia de un factor sobre el otro. El paso siguiente consta del cálculo de las prioridades entre elementos, formando la Supermatriz Original (Tabla N° 6). Donde tenemos que cuantificar todas las influencias, interdependencias y dominancias que hemos señalado en la matriz de dominancia interfactorial, para ello se plantean las correspondientes matrices de comparación pareada. Luego de obtener cada vector de estas comparaciones obtenemos la matriz normalizada y matriz resultado a esta (Tabla N° 7), los mismo pueden observarse fácilmente en los gráficos que se encuentran en la sección 3 a continuación de las mismas (Grafico N° 2 y 3)

3. Tablas y gráficos

Tabla N°1 – Analisis de muertes en Feedlot Ser Beef

Cantidad de animales muertos	Motivo
1297	Neumonía.
533	Indeterminado
221	Mala condición corporal/ M. C. al Ingreso
122	Polio encéfalo malacia
119	No agarro la comida
101	muerte súbita
81	Muerte en recepción
65	Timpanismo ruminal
54	DEFICIENCIA NUTRICIONAL
32	MONTA POR TOROS
24	Caídos por dist. Motivos
24	Intoxicación
16	Pegado en el barro
12	Distocia
12	Prolapso rectal con complicaciones secundarias
11	Castrado
11	Enganchado
11	Infecciones

Tabla N° 2 – Matriz principal AHP

CRITERIOS	Temperatura	Humedad	Hacinamiento	Nutricion	Origen de la tropa	Polvillo en el ambiente	Barro
Temperatura	1	0,5	0,333333333	0,25	1,5384615	0,5	0,3333333
Humedad	2	1	0,666666667	0,5	5	8	0,5
Hacinamiento	3	1,5	1	0,5	2	4	0,6666667
Nutricion	4	2	2	1	2,5	5	1,25
Origen de la tropa	0,65	0,2	0,5	0,4	1	1,1111111	0,3333333
Polvillo en el ambiente	2	0,125	0,25	0,2	0,9	1	0,25
Barro	3	2	1,5	0,8	3	4	1
Suma	15,65	7,325	6,25	3,65	15,938462	23,611111	4,3333333

Tabla N° 3 - Matriz Normalizada

CRITERIOS	Matriz normalizada								Vector promedio
Temperatura	0,064	0,068	0,053	0,068	0,097	0,021	0,077		0,0641
Humedad	0,128	0,137	0,107	0,137	0,314	0,339	0,115		0,1823
Hacinamiento	0,192	0,205	0,16	0,137	0,125	0,169	0,154		0,1632
Nutricion	0,256	0,273	0,32	0,274	0,157	0,212	0,288		0,2542
Origen de la tropa	0,042	0,027	0,08	0,11	0,063	0,047	0,077		0,0636
Polvillo en el ambiente	0,128	0,017	0,04	0,055	0,056	0,042	0,058		0,0566
Barro	0,192	0,273	0,24	0,219	0,188	0,169	0,231		0,2160

Tabla N° 4 - Resultados

	Temperatura	Humedad	Hacinamiento	Nutricion	Origen de la tropa	Polvillo en el ambiente	Barro	Total
Neumonia	0,5918654	0,5918654	0,358274703	0,1497089	0,215242	0,2121763	0,2383759	0,32
Polio encefalo Malacia	0,0841824	0,0829706	0,09878652	0,2479251	0,1652504	0,1628906	0,1385856	0,149
Acidosis	0,1267764	0,1267764	0,156016187	0,5653729	0,1986761	0,2037442	0,1893194	0,265
Timpanismo ruminal	0,1061683	0,1061683	0,129560097	0,4336537	0,1808171	0,1883067	0,1632732	0,215
Deficiencia nutricional	0,0910075	0,0916948	0,10600718	0,3062122	0,1665486	0,1672359	0,1476301	0,17
PONDERACION	0,0641	0,1823	0,1632	0,2542	0,0636	0,0566	0,2160	

Alternativas	Prioridades
Neumonía	0,32
Acidosis	0,265
Timpanismo Ruminal	0,215
Deficiencia Nutricional	0,17
Polio encéfalo malacia	0,149

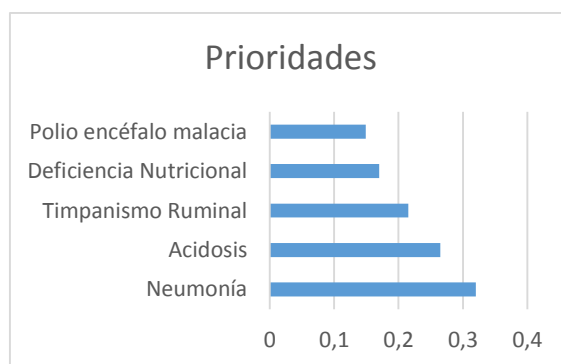


Grafico N°1

Tabla N° 5 - Matriz de dominancia interfactorial

	Alimentación	Grano	Concentrado proteico	Núcleo	Fibra	Agua	Instalaciones y transporte	Sombra	Comederos	Capacidad	Distancia	origen	Categoría animal	Vaca y vaquilla	Ternero y ternera	Novillo	Ambiente	Humedad	Barro	Temperatura	Polvillo	Acidosis	Neumonía
Alimentación	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Grano	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0
Concentrado proteico	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0
Núcleo	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Fibra	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Agua	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Instalaciones y transporte	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
Sombra	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Comederos	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0
Capacidad	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0
Distancia	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
origen	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Categoría animal	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Vaca y vaquilla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0
Ternero y ternera	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Novillo	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
Ambiente	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Humedad	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Barro	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1
Temperatura	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Polvillo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0
Acidosis	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0
Neumonía	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1

Tabla N° 6 - Supermatriz Original

	Acidosis	Neumonía	Grano	Concentrado proteico	Núcleo	Fibra	Agua	Sombra	Comederos	Capacidad	Distancia	origen	Vaca y vaquilla	Ternero y ternera	Novillo	Humedad	Barro	Temperatura	Polvillo
Acidosis	0	0	0,556	0,526	0,526	0,526	0,500	0,476	0,588	0,500	0,500	0,500	0,400	0,500	0,400	0,417	0,333	0,417	0,455
Neumonía	0	0	0,444	0,474	0,474	0,474	0,500	0,524	0,412	0,500	0,500	0,500	0,600	0,500	0,600	0,583	0,667	0,583	0,545
Grano	0,08	0,04	1,00	0,06	0,03	0,05	0,04	0,08	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05
Concentrado proteico	0,08	0,04	0,03	1,00	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02
Núcleo	0,05	0,02	0,02	0,01	1,00	0,02	0,04	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Fibra	0,08	0,07	0,12	0,15	0,15	1,00	0,21	0,16	0,20	0,21	0,13	0,14	0,11	0,11	0,11	0,09	0,14	0,08	0,08
Agua	0,06	0,07	0,20	0,14	0,18	0,20	1,00	0,15	0,14	0,14	0,09	0,09	0,16	0,16	0,16	0,07	0,14	0,08	0,09
Sombra	0,05	0,06	0,13	0,03	0,03	0,13	0,07	1,00	0,09	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,09	0,08	0,07
Comederos	0,05	0,05	0,07	0,06	0,02	0,07	0,04	0,04	1,00	0,06	0,04	0,04	0,07	0,07	0,07	0,04	0,09	0,04	0,04
Capacidad	0,05	0,05	0,06	0,03	0,03	0,07	0,06	0,08	0,07	1,00	0,03	0,03	0,05	0,04	0,05	0,03	0,02	0,03	0,03
Distancia	0,05	0,05	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	1,00	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03
origen	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,03	1,00	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,05	0,05
Vaca y vaquilla	0,08	0,06	0,05	0,08	0,10	0,05	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	1,00	0,07	0,07	0,10	0,05	0,09	0,09
Ternero y ternera	0,08	0,06	0,04	0,07	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,07	1,00	0,06	0,09	0,07	0,08	0,08
Novillo	0,08	0,06	0,05	0,08	0,09	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,06	0,07	1,00	0,08	0,03	0,08	0,08
Humedad	0,04	0,08	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,06	0,03	0,03	0,03	1,00	0,13	0,06	0,06
Barro	0,04	0,11	0,11	0,13	0,10	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,14	1,00	0,15	0,15
Temperatura	0,04	0,07	0,04	0,07	0,06	0,05	0,07	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,04	0,04	0,04	0,06	0,05	1,00	0,03
Polvillo	0,05	0,06	0,03	0,01	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06	0,06	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	1,00

	Matriz Normalizada																	Vector promedio
Grano	0,73	0,04	0,02	0,04	0,03	0,18	0,12	0,11	0,17	0,17	0,13	0,13	0,13	0,21	0,15	0,17	0,17	0,16
Concentrado proteico	0,02	0,74	0,01	0,02	0,02	0,05	0,05	0,03	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10	0,08	0,09	0,08	0,08	0,10
Nucleo	0,01	0,01	0,73	0,02	0,03	0,08	0,05	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,11	0,07	0,12	0,11	0,10
Fibra	0,09	0,11	0,11	0,77	0,16	0,36	0,45	0,46	0,41	0,41	0,29	0,29	0,29	0,34	0,34	0,32	0,31	0,32
Agua	0,14	0,10	0,13	0,16	0,76	0,32	0,32	0,31	0,27	0,27	0,41	0,41	0,41	0,26	0,35	0,31	0,33	0,31
Sombra	0,44	0,19	0,26	0,43	0,33	0,86	0,07	0,08	0,06	0,06	0,28	0,28	0,28	0,30	0,32	0,32	0,32	0,29
Comederos	0,23	0,38	0,19	0,24	0,19	0,03	0,84	0,05	0,04	0,04	0,26	0,26	0,26	0,19	0,31	0,17	0,17	0,23
Capacidad	0,22	0,20	0,20	0,23	0,26	0,07	0,06	0,85	0,03	0,03	0,18	0,17	0,18	0,14	0,06	0,14	0,14	0,18
Distancia	0,05	0,12	0,18	0,04	0,11	0,01	0,01	0,01	0,85	0,03	0,14	0,14	0,14	0,14	0,08	0,14	0,15	0,14
origen	0,06	0,12	0,18	0,06	0,12	0,02	0,01	0,01	0,03	0,85	0,15	0,15	0,15	0,24	0,23	0,23	0,23	0,17
Vaca y vaquillona	0,38	0,35	0,39	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,88	0,06	0,06	0,36	0,34	0,36	0,36	0,36
Ternero y ternera	0,26	0,29	0,23	0,27	0,27	0,31	0,27	0,27	0,28	0,28	0,06	0,87	0,06	0,33	0,48	0,32	0,32	0,30
Novillo	0,36	0,36	0,38	0,36	0,36	0,33	0,37	0,37	0,38	0,38	0,06	0,06	0,88	0,31	0,18	0,32	0,32	0,34
Humedad	0,11	0,13	0,11	0,11	0,13	0,14	0,12	0,13	0,20	0,20	0,12	0,12	0,12	0,81	0,11	0,05	0,05	0,16
Barro	0,53	0,53	0,40	0,53	0,46	0,53	0,53	0,54	0,41	0,41	0,55	0,55	0,55	0,11	0,82	0,12	0,12	0,45
Temperatura	0,22	0,29	0,24	0,21	0,28	0,19	0,20	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,05	0,04	0,81	0,03	0,22
Polvillo	0,15	0,06	0,24	0,15	0,12	0,14	0,14	0,14	0,20	0,20	0,14	0,14	0,14	0,03	0,03	0,02	0,81	0,17

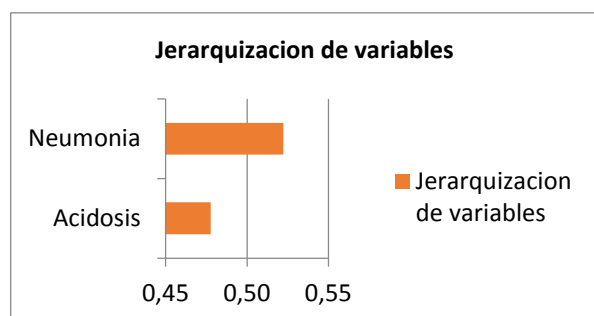


Grafico N°2

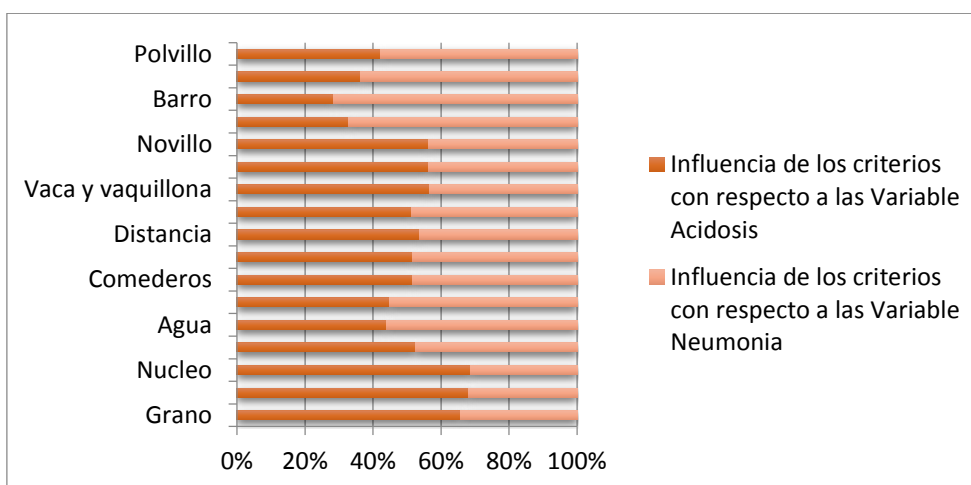


Grafico N° 3

4. Conclusiones

Cuando una estructura de toma de decisiones se descompone en sus detalles más finos, los juicios de comparación por pares son los insumos básicos y elementales que percibe nuestra comprensión de la realidad. La síntesis de estos juicios es la mejor y más precisa de las formas para capturar el resultado de nuestra percepción de la interacción de influencias que dan forma a la realidad.

El AHP / ANP asume que la estructura se desarrolla cuidadosamente para incluir todo lo que es necesario tener en cuenta a partir de la comprensión de expertos que también proporciona los juicios. Su resultado es totalmente subjetivo en este sentido por ello es necesario usar expertos en Feedlot.

Lo que indican los resultados, es que son herramientas que se pueden aplicar al estudio, pero es necesario compararlos con alguna otra que utilice información cuantitativa, que al compararlos con estos resultados subjetivos se pueda dar mayor certeza de los resultados. Si se observa la tabla donde se muestra la realidad de un sistema de confinamiento (Tabla N° 1), la muertes por neumonía marcan una diferencia muy amplia con las demás enfermedades, mientras que en los ejercicios propuestos por ambos modelos, la diferencia es menor. En el gráfico N° 3 se observa la influencia de los criterios según las variables determinadas, y la misma muestra algunas discrepancias con la realidad, un ejemplo es que los comederos son criterios que influyen demasiado sobre las enfermedades relacionadas con la Acidosis, y esto no se puede apreciar en el gráfico generado a través del resultado de los modelos propuestos.

5. Bibliografía

- (1) SENASA - <http://www.senasa.gob.ar/cadena-animal/bovinos-y-bubalinos/produccion-primaria/sanidad-animal/enfermedades-y-estrategias-sanitarias>
- (2) INTA - <https://inta.gob.ar/bovinos>
- (3) INTA- <https://inta.gob.ar/node/1104030/tipo-de-documento/informe-7783/tema/produccion-animal-6829/tema/salud-animal>
- (4) [https://users.dcc.uchile.cl/~nbaloian/DSS-DCC/ExplicacionMetodoAHP\(ve%20rpaginas11-16\).pdf](https://users.dcc.uchile.cl/~nbaloian/DSS-DCC/ExplicacionMetodoAHP(ve%20rpaginas11-16).pdf)
- (5) <http://digital.csic.es/bitstream/10261/108350/1/Red%20ANP.pdf>
- (6) <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/19181/NUEVOS%20M%C3%89TODOS%20DE%20VALORACION%20-%20MODELOS%20MULTICRITERIO.pdf>

Agradecimientos

Como mencionamos en el trabajo, para poder realizarlo necesitamos de la colaboración de profesionales con amplios conocimientos en el campo de estudio. Los mismos son excelentes colaboradores y expertos en el tema, gracias a ellos pudimos conocer y llegar a estos resultados

- Lic. Luciano Burcaizea, encargado de Agropecuaria La criolla, establecimiento agroganadero, cuenta con un importante feed lot y brinda servicio de hotelería, tiene una capacidad de 27000 animales. Es uno de los más grandes de la zona y tiene una importante proyección.
- Med. Vet. Cesar Corredera, responsable de feed lot SER BEEF, Es uno de los feed lot comercial hotelero más grande de Argentina, cuenta con 240 corrales de 4000 m2, capacidad 55000 cabezas. Tiene una rotación entre 120000 y 160000 cabezas por año.
- Licenciado en ciencias Fisico-Matematicas, Ing. Industrial y Mgs. En Administracion de Negocios Daniel Xodo, profesor de la UTN FRTL de la catedra Proyecto final y la Facultad del Centro, desarrolla proyectos de investigación siendo un excelente conductor.

Impacto de la actividad económica e industrial en la Cuenca del Río Reconquista

López Sardi, Mónica^{1,2}; Beltrán, Alexis¹; Halvorsen, Marco¹; Delgado, Neri¹; Giménez, Emiliano¹

¹ Carrera de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de Palermo.
Mario Bravo 1050, CABA. elopez13@palermo.edu

² Escuela Superior Técnica. Facultad del Ejército. Universidad de la Defensa Nacional.
Cabildo 15, CABA.

RESUMEN.

Las cuencas Matanza – Riachuelo y del Río Reconquista son las dos más contaminadas de Argentina. Atraviesan la región más poblada del país, que desde los tiempos de la colonia constituye el epicentro de la actividad económica e industrial nacional. El crecimiento regional indiscriminado junto a la falta de planeamiento, carencia de controles y el mal uso de los recursos hídricos afectaron seriamente la calidad ambiental de estas cuencas. Los impactos resultantes se han convertido en un problema de difícil solución, que a veces muestra aristas inesperadas. A lo largo del año 2016 se dieron a conocer una serie de reclamos por parte de deportistas de renombre, acerca de las condiciones en las cuales entrenan nuestros remeros olímpicos en la Pista Nacional de Remo, en el partido de Tigre. La mala calidad del agua constituye un riesgo al que también se encuentran expuestos los deportistas amateurs, los turistas que realizan actividades recreativas y, lo que es más importante, aquellos que viven o trabajan en la zona ribereña. A raíz de estas noticias, un equipo conformado por docentes y alumnos de la carrera de ingeniería industrial de nuestra facultad, iniciamos un proyecto de investigación con el objetivo de analizar las causas de estos impactos y de evaluar la calidad del agua de la zona, mediante muestreo y posterior análisis físico, químico, microbiológico y toxicológico. A las metodologías analíticas se sumaron la búsqueda bibliográfica y el análisis documental, con el objetivo de identificar las fuentes del problema y las acciones a aplicar en el futuro, para minimizar y remediar el impacto. En el presente trabajo se detallan los resultados y las conclusiones obtenidos hasta el momento.

Palabras Claves: Impacto Ambiental. Río Reconquista. Delta del Tigre. Pista Nacional de Remo. Calidad del agua.

ABSTRACT

The Matanza - Riachuelo and Reconquista River basins are two of the most polluted in Argentina. They are located on the most populated region of the country that since colonial times constitutes the epicenter of national economic and industrial activity. The indiscriminate regional growth coupled with the misuse of the resources seriously affected the environmental quality of the watersheds. The resulting impacts have become a problem of difficult solution, which sometimes shows unexpected edges. Throughout the year 2016, a series of complaints were made by renowned athletes about the conditions in which Olympic rowers train at the National Rowing Track. Amateur athletes, tourists and, more importantly, people who live and work in the waterfront are also exposed to the risk of poor water conditions. Following this news, a team of teachers and students of industrial engineering began a research project with the objective of evaluating the water quality of this area. The methodology used was the chemical analysis of samples, bibliographic search and documentary analysis. This paper details the results and conclusions obtained so far.

Keywords: Environmental Impact. Reconquista River. Delta del Tigre. National Rowing Row. Water Quality.

1. INTRODUCCIÓN

Durante 2015 y 2016 los remeros olímpicos del equipo argentino participante en las olimpiadas de Londres 2012, junto a otras figuras relevantes del deporte nacional realizaron actividades destinadas a difundir las pésimas condiciones de higiene y ambientales de la Pista Nacional de Remo, en el Tigre. [1]. Distintos medios periodísticos se hicieron eco de la noticia, difundiendo una serie de notas describiendo el problema. [1 – 4]. Según los mismos medios, de la pista se sacan entre 120 y 180 toneladas de basura diaria. [5].

Haciéndose eco de la situación, el municipio de Tigre inició obras de remoción de la basura de las aguas del río. El 30 de octubre de 2016, el intendente Julio Zamora declaró a los medios: “Desde el municipio estamos muy comprometidos tanto con el saneamiento de los ríos, como con las tareas de gestión de residuos sólidos urbanos y sobrenadantes que culminan en la Pista Nacional de Remo. Esto ha significado un gran avance en cuanto a la gestión ambiental de nuestras aguas y zonas costeras. Por eso, seguiremos trabajando por una mejor calidad de vida para toda la comunidad”. [6].

El seguimiento de estas crónicas periodísticas actuó como disparador para que un grupo de docentes y estudiantes de la carrera de ingeniería industrial iniciaran un proyecto de investigación cuyos objetivos son:

Objetivo general:

Investigar la situación actual de la región que abarca la cuenca del Río Reconquista e identificar los factores responsables del impacto ambiental que sufre el recurso hídrico, considerado el segundo río más contaminado del país.

Objetivos específicos:

Realizar el análisis cuali - cuantitativo del deterioro de la calidad del agua de la cuenca y establecer los riesgos que la misma pueda presentar para el ambiente y para la salud de las personas que por motivos de residencia, laborales, deportivos o de esparcimiento, se vean expuestos al contacto directo.

Para alcanzar los objetivos del proyecto se aplicarán distintas metodologías de investigación:

- Búsqueda bibliográfica y documental.
- Visitas a municipios de la cuenca.
- Entrevistas con vecinos y autoridades de la zona.
- Muestreo del agua del río en distintas locaciones ubicadas a lo largo de la cuenca.
- Análisis físico, químico, microbiológico, toxicológico y geno - toxicológico de las muestras obtenidas.
- Comparación de los resultados analíticos obtenidos con la normativa vigente.

Alcance del proyecto:

El proyecto planificado tiene carácter descriptivo de los fenómenos asociados a la presencia de contaminación en la cuenca y carácter analítico de las variables que permiten dimensionar el problema. Se busca establecer una correlación entre las posibles causas del deterioro ambiental y los impactos medidos a través de los eventos observados. Los resultados estarán orientados a relacionar las múltiples variables para dar una explicación a la problemática ambiental de la cuenca. Los resultados se presentarán en congresos y publicaciones con el fin de apoyar a la comunidad de la región en la búsqueda de soluciones.

El estudio, iniciado hace seis meses, se desarrollará a lo largo de dos años. El presente trabajo explicita los resultados de las primeras etapas del proyecto, que incluye la primera parte de la investigación del marco socioeconómico general de la región y los resultados del primer muestreo del agua del río, llevado a cabo en el punto conflictivo que dio lugar al inicio del estudio: la confluencia del Río Reconquista con el Canal de los Remeros, desde donde inicia su recorrido el Río Tigre.

Al momento de escribir estos párrafos, nos encontramos encarando una segunda etapa de muestreo más amplia, en diversas locaciones de la cuenca.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la investigación de antecedentes, situación e impactos expuestos en este trabajo, se recurrió a la búsqueda bibliográfica y la revisión documental del material citado más adelante. Se entrevistaron vecinos de la zona de Hurlingham, Bella Vista, San Martín y José C. Paz..

Para el análisis de la calidad del agua, la metodología aplicada fue la determinación del índice de calidad del agua de la Fundación Nacional de Sanidad de los E.E.U.U. (ICA- NSF) más determinaciones complementarias de transparencia del agua, color, cromo VI, arsénico y estimación de biotoxicidad y genotoxicidad por *Allium cepa* Test. Las siguientes mediciones se realizaron *in situ*: pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto (con sensores Water Quality Data Logger), transparencia (disco de Secchi) y temperatura (pirómetro láser). Se evaluaron caracteres organolépticos (aspecto, olor, características del entorno). Se tomaron muestras por triplicado en botellas esterilizadas. Las muestras se trasladaron al laboratorio a 4°C para su análisis posterior. Se determinaron nitratos (por reducción de cadmio), fosfatos (método del ácido ascórbico), sólidos totales (SM 2540), cromo VI (método de difenilcarbazida), arsénico (método de Gutzeit cuantitativo), demanda biológica de oxígeno, DBO₅ (método de dilución), turbidez (método de formazina), coliformes fecales (fermentación en múltiples tubos), coliformes totales (cultivo en caldo Lauryl Tryptosa y confirmación en caldo Lactosado Bilis Verde Brillante), mesófilos aerobios totales (recuento de colonias en medio PCA) y color del agua (método de difenilcarbohidrazida). [7 - 12].

En la Tabla 1 se detallan los valores admitidos o recomendados para cada uno de estos parámetros. Por no existir en nuestro país una única reglamentación que abarque todos los requisitos exigibles a la calidad del agua con fines recreativos y/o deportivos, los límites de la tabla fueron obtenidos mediante la consulta a distintas fuentes [12 - 17].

Transparencia del agua	Óptimo lagos y lagunas: entre 40 y 60 cm.
Color	Límite recomendado: 20 PCU para lagos y lagunas.
Turbidez	Límite recomendado: 5 UT
Temperatura del agua	Media región pampeana 20 °C
pH	Óptimo para aguas recreacionales: 6,0 a 9,0
Nitratos NO ₃ ⁻	Máximo permitido: 50 mg / litro (OMS); 45 mg/litro (CAA)
Fosfato PO ₄ ³⁻	Óptimo: menor a 1 mg /litro
Sólidos totales	Máximo: 500 ppm
Cromo (IV)	(Máximo 0,05 mg/litro o 50 µg /Litro)
Arsénico	Límite: hasta 0,05 ppm
Oxígeno disuelto (OD)	Óptimo entre 5 y 9 mg /litro
Saturación de oxígeno disuelto.	Para contacto primario (inmersión) se recomiendan valores superiores a 70%
Coliformes totales	Límite hasta 1000 NMP/100 mL para aguas recreativas
Coliformes fecales	Recomendado 0 NMP/100 mL
Mesófilos Aerobios totales	Hasta 500 UFC/mL
Demanda Biológica de Oxígeno DBO ₅	Valores por encima de 30 pueden ser indicativos de contaminación o eutrofización.

Tabla 1. Valores admitidos o recomendados para los parámetros analizados.
Datos consultados en [12 - 17].

El índice de calidad del agua de la Fundación Nacional de Sanidad de los Estados Unidos (ICA- NSF) se calcula a partir de los siguientes nueve parámetros: pH, desviación de la temperatura respecto a la media histórica registrada, nitratos, fosfatos, oxígeno disuelto, turbidez, DBO₅, coliformes fecales y sólidos totales. La Tabla 2 muestra la escala de clasificación para los valores obtenidos del ICA-NSF. [7].

RANGO
Excelente 91 - 100
Buena 71 - 90
Regular 51 - 70
Mala 26 – 50
Muy mala 0 – 25

Tabla 2. Escala ICA – NSF.

De [7].

Para la estimación de la biotoxicidad del agua se evaluó el porcentaje de inhibición del crecimiento (%IC) de las raíces de bulbos limpios de *Allium cepa* (cebolla amarilla), desarrollados a 20°C de temperatura ambiente durante 72 horas en contacto con agua de la muestra, en comparación con un control desarrollado en agua de la red domiciliaria. [18 - 21]. Un %IC de 50% (o mayor) respecto del control es el parámetro más comúnmente utilizado para evaluar el grado de toxicidad. [21]. A continuación se procedió al cortado de las raíces, tinción por el método de la orceína acética y preparación de un extendido para observación microscópica y recuento de las células que se encuentran en división celular. Mediante esta técnica es posible determinar el Índice Mitótico (IM) de la muestra en comparación con un control, valor aceptado para realizar la evaluación genotóxica del agua contaminada. El IM se basa en el recuento y la comparación del número de células en división mitótica encontradas en las raíces desarrolladas en la muestra versus el recuento en el control. [22].

3. RESULTADOS

3.1. DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE LA SITUACIÓN DE LA CUENCA

La cuenca del Reconquista es una cuenca típica de llanura que abarca un área de 1738 km² e involucra a 18 partidos bonaerenses: San Miguel, Hurlingham, Ituzaingó, San Isidro, Moreno, Gral. Rodríguez, Morón, Gral. San Martín, Merlo, Tres de Febrero, Gral. Las Heras, Tigre, Marcos Paz, Malvinas Argentinas, José C. Paz, Luján, Vicente López y San Fernando, incluyendo además una muy pequeña parte de los partidos de Navarro y Mercedes. [23].

El nombre histórico era Río de las Conchas hasta 1954. Comprende 134 cursos de agua que recorren 606 km, de los que 82 km corresponden al Río Reconquista. Es una zona densamente poblada que históricamente ha sufrido las consecuencias de las inundaciones debido a sudestadas y crecidas del río. La situación se ha ido agravando desde los años 40 a la fecha dada la intensa ocupación del suelo.

Está poblada por 4.239.543 habitantes, lo que representa el 13% de la población nacional. La disgregación social caracteriza a las poblaciones cercanas a la cuenca. El crecimiento urbano desordenado ha dado lugar a la aparición de enormes barrios marginales prácticamente colindantes con barrios privados, donde viven familias de muy alto nivel socioeconómico. [24]. Por otra parte, los ejidos urbanos se caracterizan por estar compuestos mayoritariamente por barrios de casas bajas, con pobladores pertenecientes a las clases medias y medias bajas. Las poblaciones con mayores niveles de pobreza y necesidades básicas insatisfechas se encuentran en José C. Paz, Moreno, Marcos Paz, Merlo, Moreno, General Rodríguez, Malvinas Argentinas y cuenca baja del Tigre.

La ampliación del sistema de autopistas de los 90 produjo un cambio en los patrones habitacionales, promoviendo modelos de urbanización basados en el automóvil. Desde entonces a la fecha se han desarrollado unas 300 nuevas urbanizaciones (barrios cerrados, clubes de campo, clubes náuticos y countries), el 87% de los cuales se encuentran en la zona Norte de la cuenca. Estas urbanizaciones en muchos casos son responsables de un importante impacto ambiental al ser construidas sobre humedales que fueron rellenados, o por la construcción de muros y barreras y por la apertura de canales o compuertas contra inundaciones, todo ello sin ninguna medida correctiva para el entorno. El cambio del uso de la tierra en las superficies ocupadas por estos desarrollos inmobiliarios ha implicado la erradicación o reemplazo de las especies vegetales y animales autóctonos de la zona por plantas ornamentales y animales domésticos, con el consecuente impacto sobre la biodiversidad. [24].

En el otro extremo de la escala social, más del 20% de la población de la cuenca se encuentra bajo la línea de pobreza, habitando en asentamientos precarios en las zonas bajas adyacentes a las márgenes del Reconquista y sus arroyos tributarios. Los 285 asentamientos relevados en 2013 aumentaron a 437 para el año 2016. Estos espacios, carentes de urbanización, también generan impactos debido a los cambios en el uso de la tierra. Sumado a ello, se deben considerar las consecuencias del mal manejo de las aguas servidas, que generalmente se descargan en el río o arroyo cercano, así como la gran cantidad de residuos sólidos urbanos (RSU) arrojados al agua o depositados en la ribera, ante la falta del servicio de recolección dentro del asentamiento.

El 40% de los habitantes de la cuenca no tiene agua potable de red y el 63% carece de servicio de cloacas. Durante 2017 el Estado Nacional ha dado gran impulso a las obras de la red cloacal (a través de la empresa AySA) en los partidos de la cuenca. Sin embargo, estas se hallan en etapa de construcción y aún no están operativas. [25]. Actualmente es mayoritario el uso del sistema de cámara séptica y pozo ciego, los que son vaciados periódicamente por camiones atmosféricos que luego vierten las aguas negras al cauce del río en forma ilegal. Se calcula que diariamente se vuelca al río Reconquista el contenido de unos 3000 camiones atmosféricos. La contaminación del río, como así también las percolaciones y filtraciones de los pozos ciegos, afectan al suministro de agua para consumo, ya que generalmente se consume agua extraída mediante bombas de las napas del subsuelo, dada la escasa distribución de la red de agua potable en la región. [24].

A la vera del camino del Buen Ayre y recostado sobre la orilla del río, se encuentra el Complejo Ambiental Norte III, relleno sanitario operativo donde ingresan más de 11000 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos provenientes de ciudad y provincia de Buenos Aires. Existen allí mismo otras instalaciones como plantas de reciclado (de neumáticos y otros), planta de tratamiento de lixiviados y planta de generación energía eléctrica a partir de biogás. [26]. Los habitantes de los partidos vecinos (sin diferencia de nivel socioeconómico) se ven expuestos a los insalubres humos y malos olores provenientes de estas instalaciones, que se perciben fuertemente en varios kilómetros a la redonda, dependiendo de la dirección del viento.

En el área de la cuenca se ha relevado la existencia de 25 basurales a cielo abierto (BCA), donde arrojan sus residuos empresas privadas, compañías de volquetes, vehículos particulares e incluso camiones recolectores municipales. Plásticos, cubiertas usadas, residuos patogénicos, telgopor, animales muertos, medicamentos, heladeras viejas, aceites quemados y escombros se apilan en un paisaje con montañas de basura que pueden superar los dos metros de altura. En los BCA ubicados en el camino del Buen Ayre, frente al Complejo Norte III es frecuente ver a hombres, mujeres y niños hurgando entre la basura para “buscarse la vida”. Suelen estar organizados por “mafias” que incluso pagan a los choferes de los camiones recolectores municipales para que opten por arrojar allí sus residuos en lugar de hacerlo en el Complejo. En mayo de este año se desarticuló una banda integrada por cuatro cooperativas habilitadas a reciclar basura en la zona del CEAMSE. Se dedicaban a recuperar alimentos vencidos de entre los desperdicios, modificando el envase y el etiquetado para revenderlos como alimentos frescos en supermercados del conurbano. [27]. Otro impacto de los basurales a cielo abierto y de los rellenos sanitarios es que son sitios de atracción para especies de aves oportunistas que aumentan sus poblaciones debido al suplemento alimentario brindado por los residuos orgánicos. Estas aves actúan como vectores de enfermedades o contaminantes, causan daños a la agricultura, aumentan el riesgo de accidentes aéreos y tienen efectos negativos sobre otras especies por competencia o depredación. [28]. Se destaca la proliferación en la zona de la cuenca de gaviotas, palomas, rapaces y cotorras.

Con respecto a las industrias, en la zona están radicadas unas 12000 industrias, la mayoría de las cuales vuelcan sus efluentes a los cursos de agua sin tratamiento. Las más contaminantes son las frigoríficas, las químicas, las curtiembres y las agroquímicas. Al menos 330 de ellas son industrias de tercera categoría (de mayor riesgo ambiental) y se encuentran ubicadas cerca de los cursos de agua. [25]. La agricultura y la ganadería son las actividades económicas más antiguas en la zona de la cuenca. En la cuenca alta unas 70000 hectáreas siguen dedicadas a estas actividades, principalmente ganadería de leche, cultivo de soja, avicultura para producción de huevos, producción de hortalizas y floricultura. En la porción insular de los partidos de Tigre y San Fernando se destaca la producción de mimbre así como el cultivo de frutas y cítricos. La principal actividad industrial de la cuenca es desarrollada por las PyMEs radicadas en la región. También se encuentran en el área de la cuenca importantes parques industriales que han favorecido la radicación de grandes industrias como Ford, Volkswagen y Alba, entre muchas otras. Una

desventaja ambiental derivada de la gran presencia de pequeñas y medianas empresas en la zona es la mayor dificultad que tienen las mismas para ajustarse a los requerimientos de un plan de reconversión ambiental de sus procesos. En los últimos años se manifiesta en la región una tendencia a la baja en las actividades relacionadas con la producción industrial y un incremento en los sectores comerciales (shoppings) y de producción y venta de servicios, principalmente en los partidos de San Martín, Tres de Febrero y Vicente López.

El gobierno provincial ha recibido del BID distintos préstamos cuyo destino específico es atender a las prioridades detectadas en la cuenca del Río Reconquista. El monto percibido, a diciembre de 2014, era de 287,5 millones de dólares. [33]. En 2016 se ha creado un comité de cuenca del río Reconquista (COMIREC) para administrar este fondo. El COMIREC ha presentado un plan de trabajo que incluye obras hidráulicas, viales, soluciones habitacionales, redes de agua y cloacas, recuperación de espacios públicos y acciones de planificación integral de la cuenca. [34].

3.2. DE LOS ANÁLISIS DEL AGUA

Las muestras se tomaron por triplicado el 3 de mayo de 2017 a las 16:00 hs. El punto seleccionado se encuentra sobre el Río Tigre, a metros de la confluencia del Río Reconquista con el Canal de los Remeros. Las coordenadas del punto de muestreo son: Latitud: 34° 25' 59" Longitud: 58° 35' 23"

En la tabla 2 se detallan los resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de las muestras obtenidas:

Transparencia del agua	12,75 cm
Color	181 PCU
Turbidez	40 UT
Temperatura del agua	17 °C
pH	6
Nitratos NO ₃ ⁻	5 mg/L
Fosfato PO ₄ ³⁻	1 mg/L
Sólidos totales	260 ppm
Cromo (IV)	0
Arsénico	0
Oxígeno disuelto	6,4 mg/L
Saturación de oxígeno disuelto.	69%
Coliformes totales	240 NMP/100 mL
Coliformes fecales	240 NMP/100 mL
Mesófilos Aerobios totales	3400 UFC/mL
Demanda Biológica de Oxígeno	32,1 mg /L
ICA – NSF	52

Tabla 2. Resultados del análisis de muestras.
Datos Propios.

La Tabla 3 refleja los resultados obtenidos en la determinación del porcentaje de inhibición de crecimiento (%IC) de las raíces de los bulbos de *Allium cepa* para establecer la biotoxicidad del agua del río.

	<i>Muestra</i>	<i>Control</i>
MEDIA	0,63684211	1,39701493
DESVIO	0,31483775	0,68710419
MEDIANA	0,6	1,3
MODA	0,6	1,2
MAXIMO	1,3	3
MINIMO	0,1	0,2
RANGO	1,2	2,8
%IC	54%	0%

Tabla 3. Resultados del test de biotoxicidad.
Datos propios.

En la tabla 4 se detallan los resultados obtenidos para la determinación del índice mitótico, calculado para evaluar la genotoxicidad de la muestra. Para ello se realizó el recuento de 100 células seguidas, diferenciando las que se encuentran en división de las que se encuentran en interfase.

	<i>Control</i>	<i>Muestra</i>
INTERFASE	35	28
PROFASE	8	12
PROMETAFASE	11	13
METAFASE	11	8
ANAFASE	13	12
TELOFASE	22	27
ÍNDICE MITÓTICO (IM)	65%	72%

Tabla 4. Resultados del test de genotoxicidad.
Datos propios.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 CALIDAD DEL AGUA

Un valor de índice de calidad del agua (ICA – NSF) de 52, se encuentra en el límite entre calidad de agua mala y regular. A continuación se detallan los usos posibles para un agua con este nivel de calidad [29]:

Requiere tratamiento para riego.

Dudosa para consumo humano aún con tratamiento potabilizador.

Vida acuática limitada a especies muy resistentes.

Requiere tratamiento para la mayoría de los usos industriales.

Restringir los deportes de inmersión.

Contacto peligroso.

Precaución frente a ingestión.

4.2 TOXICIDAD

El parámetro CE_{50} es la mitad de la concentración efectiva y se refiere a la concentración de un fármaco, antígeno o tóxico que induce una respuesta a mitad de camino entre la respuesta de base y la respuesta máxima observada a la exposición a dicha sustancia. [30]. Se utiliza como unidad de medida de la potencia de una droga o de un tóxico. Por asimilación, para la evaluación de los resultados obtenidos en el test de toxicidad, se consideran tóxicas aquellas muestras de agua que producen un %IC del 50% o más respecto al control con agua del grifo. En el caso del agua analizada se produjo un 54% de %IC, lo que indica el alto grado de toxicidad química del agua del río en la zona estudiada.

4.3 GENOTOXICIDAD

La genotoxicidad es la capacidad que presentan los agentes físicos, químicos o biológicos para causar daño al material genético de las células expuestas a su contacto. El daño en el material genético incluye no sólo al ADN, sino también a todos aquellos componentes celulares que se encuentran relacionados con la funcionalidad y comportamiento de los cromosomas dentro de la célula. Este daño puede ser de tipo mutágeno o carcinógeno. [31]. En la muestra analizada se observa un incremento del número de células en división con respecto al control. Esto indica genotoxicidad asociada a un potencial riesgo carcinogénico (relacionado con la tendencia a la aparición de cáncer).

4.4 USOS DEL AGUA

En el año 2004, y con la finalidad de elaborar un documento que establezca niveles guía de calidad de agua ambiente, la Subsecretaría de Recursos Hídricos publicó un Anexo que resume los criterios utilizados para la definición de los valores asociados a cada tipo de uso. [32]. En él se definen las siguientes categorías:

Uso I: Consumo humano tras tratamiento convencional

Uso II: actividad recreativa con contacto directo (primaria)

Uso III: actividad recreativa sin contacto directo (secundaria)

Uso IV: actividades recreativas pasivas (disfrute estético)

Uso V: preservación de la vida acuática (exposición prolongada)

La Tabla 5 reúne los niveles de exigencia para los diferentes parámetros y su relación con los usos posibles según dicho documento:

	Uso I	Uso II	Uso III	Uso IV	Uso V
OD mg/L	>4	>5	>5	>2	>5
DBO ₅ mg/L	<5	<3	<10	<15	<6
NO ₃ ⁻ mg/L	<10	<10	<10	S/R	S/R
PO ₄ ³⁻ mg/L	S/R	<1	<1	<5	<10
Cr VI µg/L	<50	<50	S/R	S/R	<2
As µg/L	<50	<50	S/R	S/R	<150
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9
Temp °C	S/R	15-35	15-35	<35	ΔT<3
CF NMP/100 mL	<2000	<200	<20000	S/R	S/R

Tabla 5: Parámetros y posibles usos. [32].

Los valores obtenidos para OD, DBO₅, así como el nivel de coliformes fecales determinado indican que la calidad del agua analizada no es apta para ninguno de los usos arriba descriptos.

5. CONCLUSIONES

Los resultados de la muestra analizada indican una calidad del agua que implica riesgos frente a la mayoría de usos, que presenta toxicidad química y potencialidad para causar cáncer en aquellos que se encuentren expuestos al contacto. La contaminación microbiológica presenta niveles de riesgo para la salud pública. Autoridades en el tema como el Dr. David Kuczynski han encontrado incluso bacterias hospitalarias en las aguas del Río Reconquista. [35]. Al momento de escribir este trabajo estamos repitiendo el muestreo en la misma locación junto a la toma de otras muestras a la altura de los partidos de Hurlingham y San Miguel, como parte del estudio a largo plazo propuesto. Respecto de los aspectos económicos y sociales relevados, la situación puede ser definida como crítica. Al igual que en el caso de la cuenca Matanza – Riachuelo, acciones gubernamentales como la creación de entes administrativos específicos no se ven reflejadas aún en resultados concretos y positivos respecto del problema ambiental de la cuenca.

Los distintos gobiernos nacionales y provinciales que han atravesado la historia de la cuenca han manifestado siempre las mejores intenciones en la búsqueda de soluciones a los problemas de la región, pero la situación, que involucra a tantos municipios, es excesivamente compleja. Por todo esto se dificulta la implementación de acciones que ataquen el problema de fondo, que es impedir

por completo el volcado de efluentes industriales sin tratar y la realización del saneamiento de la cuenca del río descontaminando aguas, lodos y ribera. Mientras tanto, los deportistas olímpicos se convierten en la voz de una comunidad que reclama vivir en un ambiente más saludable.

REFERENCIAS

- [1]. Clarín. (2016) *Remar en la mugre. Deportistas se unen por un reclamo del remo y el canotaje para sanear el Reconquista*. Publicado el 12/09/16 en <http://www.lanacion.com.ar/1936849-deportistas-argentinos-se-unen-por-un-reclamo-del-remo-y-el-canotaje-para-sanear-el-reconquista>
- [2]. TN y La gente (2015). *Un basural total: así está la pista nacional de remo en Tigre*. Publicado el 16/12/15 en http://tn.com.ar/tnylagente/denuncias/un-basural-total-asi-esta-la-pista-nacional-de-remo-en-tigre_642286
- [3]. TN y La gente (2016). *La pista nacional de remo no está apta para entrenar*. Publicado el 24/03/16 en http://tn.com.ar/tnylagente/denuncias/la-pista-nacional-de-remo-no-esta-apta-para-entrenar_661295
- [3]. Clarín. *Contra la corriente*. Publicado el 19/08/15 en https://www.clarin.com/deportes/remo-tigre-pista-nacional-enard-rio-reconquista_0_Hy05UNtwXI.html
- [4]. Télam. (2016). *Campeones olímpicos se sumaron a la campaña para limpiar el río Reconquista*. Publicada el 12/09/16 en <http://www.telam.com.ar/notas/201609/162609-remo-contaminacin.html>
- [5]. San Fernando nuestro.com.ar (2015). *Se sacan entre 120 y 180 toneladas de basura diaria de la Pista nacional de Remo*. Publicado el 20/08/15 en <http://www.sanfernandonuestro.com.ar/wp/se-sacan-entre-120-y-180-toneladas-de-basura-diarias-de-la-pista-nacional-de-remo/>
- [6]. Tigre Municipio. (2016). *Tigre limpia el Río Reconquista en la Pista Nacional de Remo*. Publicado el 30/10/16 en <http://www.tigre.gov.ar/noticias/tigre-limpia-el-rio-reconquista-en-la-pista-nacional-de-remo/>
- [7]. Samboni Ruiz, N.; Escobar, Y.; Escobar, J.; (2007). *Revisión de indicadores fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua*. Rev. Ing. e Investig. Vol 27, Nº 3, págs. 172 a 181.
- [8]. Basílico, G.; De Cabo, L.; Faggi, A. (2015). *Adaptación de índices de calidad de agua y de riberas para la evaluación ambiental en dos arroyos de la llanura pampeana*. Rev. Mus. Argentino Cien. Nat. Vol 2 Nº 17, págs. 119 a 134.
- [9]. León Vizcaíno, L. F. *Índices de calidad del agua (ICA), forma de estimarlos y aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala*. Instituto Mexicano de Tecnología del agua. Disponible en: <http://www.science.uwaterloo.ca/~lfleonvi/artics/art09.pdf>
- [10]. Valcarcel Rojas, L.; Alberro Macías, N.; Frías Fonseca, D. (2009). *El índice de calidad de agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos*. Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear. La Habana. Cuba. Disponible en: ama.redciencia.cu/articulos/16.01.pdf
- [11]. Indicadores de calidad del agua. *Luis Fernando Gómez García*. Disponible en: https://www.google.com.ar/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi268-e65rUAhVKi5AKHanjDxwQFgggMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.dspace.espol.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F6166%2F2%2FINDICADORES%2520DE%2520CALIDAD%2520DEL%2520AGUA%2520EXPOSIC.pptx&usq=AFQjCNFE21vhwzM3bGrH0C0NqC3N_j8X1w
- [12]. Laboratorio de química ambiental. (1997). *Métodos de análisis de aguas*. Disponible en: http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Determinacion_de_DBO5.htm

- [13]. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (2003). *Desarrollos de niveles guía nacionales de calidad de agua ambiente correspondientes a ESCHERICHIA coli / Enterococos*.
- [14]. Dirección del Laboratorio de Bromatología de la Municipalidad de Posadas. (2013), *Normativa de balneabilidad*.
- [15]. Programa de Calidad de Agua y Salud. Departamento Salud Ambiental. Ministerio de Salud. (2014). *Directrices Sanitarias para Natatorios y Establecimientos Spa*. Temas de salud ambiental Nº 12.
- [16]. Truque, B.P.A.; (2012). *Armonización de los estándares de agua potable en las Américas*. Disponible en: <https://www.oas.org/DSD/publications/classifications/Armoniz.EstandaresAguaPotable.pdf>
- [17]. Código Alimentario Argentino (2007). *Agua potable de suministro público y agua potable de uso domiciliario. Capítulo XII*
- [18]. Firbas, P. (2011). *Test Report for Flaska*. Disponible en: <http://www.flaska.si/files/original/756.pdf>
- [19]. Rothman, S. y Dondo G., (2008), *Cebolla Allium cepa*, Cátedra de Horticultura, Facultad de Cs. Agropecuarias. UNER. Disponible en: <http://web.archive.org/web/20131105022125/http://www.fca.uner.edu.ar/academicas/deptos/catedras/horticultura/cebolla.pdf>
- [20]. Bosio Tedesco, S.; Laughinghouse, H. D. IV. (2012). *Bioindicator of Genotoxicity: The Allium cepa Test*, Environmental Contamination.
- [21]. Fiskesjo. G. (1985). *The Allium test as a standard in the environmental monitoring*. Hereditas 102: 99-112. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1601-5223.1985.tb00471.x/pdf>
- [22]. Restrepo, R.; Reyes, D.; Ortiz, M.; Rojas Ruiz, F.; Kouznetsov, V. (2012). *Aberraciones cromosomales en Bulbos de cebolla Allium cepa inducidas por moléculas híbridas 4-aminoquinolónicas*. Universitas Scientarium, Vol 17, Nº 3. Consultado en: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/rt/printerFriendly/4022/4235>
- [23]. Atlas Ambiental de Buenos Aires (2008). *Contaminación en la Cuenca del Río Reconquista*. Consultado en: http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar/aaba/index.php?option=com_content&task=view&id=410&Itemid=206&lang=es
- [24]. Ombudsman Nacional (2007). *Informe especial Cuenca del Río Reconquista. Primera parte*. Disponible en: http://www.coepsa.org/Temas%20sociales/informe_reconquista.pdf
- [25]. Casa Rosada (2016) *Plan de Infraestructura para la provincia de Buenos Aires: estas son las obras*. Presidencia de la Nación. Disponible en: <http://www.casarosada.gob.ar/informacion/actividad-oficial/9-noticias/35978-obras-plan-infraestructura-provincia-buenos-aires>
- [26]. Fundación Metropolitana (2016). *Cómo funciona el Complejo Ambiental Norte III*. Publicado en Octubre de 2016 en <http://metropolitana.org.ar/idm/como-funciona-el-complejo-ambiental-norte-iii/>
- [27]. TN. (2017) *Cayó una banda que vendía alimentos vencidos que separaba de la basura*. Publicado el 21/05/17 en http://tn.com.ar/policiales/cayo-una-banda-que-vendia-alimentos-vencidos-que-separaba-de-la-basura_794452
- [28]. Marateo, G. et al. (2013). *Uso de hábitat por aves en rellenos sanitarios del noreste de la provincia de Buenos Aires, Argentina*. Ecología austral, 23(3), 202-208, disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2013000300009&lng=es&tlng=es.
- [29]. Cattaneo, M. P.; López Sardi, E. M.; (2013). *Evolución de la calidad del agua de la cuenca Matanza Riachuelo*. Revista Ciencia y Tecnología. Edición Nº 13. Págs. 251 a 278. Disponible en:

http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_18.pdf

- [30]. Lefers, M. (2004). *EC50, Definition*. Holmgren Lab. Consultado en: <http://groups.molbiosci.northwestern.edu/holmgren/Glossary/Definitions/Def-E/EC50.html>
- [31]. Glosario de términos toxicológicos. (2017). *Genotoxicidad*. Asociación Española de Toxicología. Consultado en: <http://www.aetox.es/glosario-toxicologico/glosater-f-g-h-i/>
- [32]. Subsecretaría de Recursos Hídricos. (2004). *Marco conceptual para el establecimiento de niveles guía nacionales de calidad del agua ambiente*. Consultado en: <http://www.acumar.gov.ar/ACUsentencias/CausaMendoza/2009abril/060409e/AnexoIllusos060409.pdf>
- [33]. Yacaruso, F. (2015). *La problemática de la Cuenca del Río Reconquista*. Centro Argentino de Ingenieros. Consultado en: <http://www.cai.org.ar/index.php/actividades/novedades/item/707-problematica-cuenca-rio-reconquista>
- [34]. Telam.(2016). *Presentaron un plan de saneamiento del río Reconquista con un crédito del BID por U\$S 280 millones*. Publicado el 16/12/2016 en: <http://www.telam.com.ar/notas/201612/173777-credito-bid-senamiento-rio-reconquista.html>
- [35]. Kuczynski, D. (2016). *Occurrence of pathogenic bacteria in surface water of an urban river in Argentina (Reconquista River)*. Int. J. Aqu. Sci; 7(1): 30-38,2016. Consultado en: <https://www.researchgate.net/publication/289518838>

Análisis Técnico, Económico y Ambiental de Alternativas en la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio de Navarro

Simonelli, Julián; González, Analía.

*Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.
Av. Las Heras 2214, CABA, Argentina. jsimonelli@gmail.com.*

RESUMEN.

Se realizó una evaluación integral de la gestión actual de RSU, relevándose el proceso completo desde la recolección de los residuos en vía pública hasta la disposición final de los mismos.

Se estudiaron las alternativas tecnológicas disponibles y se diseñó un plan de gestión de RSU acorde a fin de cumplir con la legislación vigente y teniendo en cuenta las necesidades de la localidad. Se seleccionó la ubicación del predio teniendo en cuenta las necesidades y regulación vigente. Se tuvo en cuenta la remediación ambiental de los pasivos ambientales en los basurales informales a cielo abierto existentes.

Adicionalmente se estimó el impacto económico y financiero que el proyecto implicaría para la sociedad en función de los instrumentos de crédito disponibles al momento de la realización del estudio.

Palabras Claves: Gestión Ambiental, RSU, MSW.

ABSTRACT

A comprehensive evaluation of the current MSW management was carried out, studying the integral process from the collection to the final disposition.

Available technological alternatives were studied and a MSW management plan was designed according to the needs of the municipality. Landfill location was studied and defined according to needs and regulation. Environmental remediation of environmental liabilities in informal open dumps was considered.

Additionally, it was estimated the economic and financial impact that the project would imply for the society, considering the credit instruments available at the time of the study.

1. ORIGEN DEL TRABAJO

Este trabajo se origina por el contacto de la Unión Vecinal de Navarro (UVEN) con la Comisión de Estudios Ambientales (CESAM) del ex departamento de Gestión Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA) solicitando asesoramiento técnico acerca de las alternativas a la disposición actual de residuos sólidos urbanos (RSU). Frente a esta necesidad real y concreta de la comunidad es que se propuso el desarrollo del presente trabajo con el objetivo de *Realizar la evaluación de la factibilidad técnica, económica y ambiental de la implementación de un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos para el Municipio de Navarro, orientado a la disminución de la disposición final y que pueda ponerse en práctica en un lapso menor a 2 años.*

2. INTRODUCCIÓN

2.1 Presentación del Partido de Navarro

El Municipio de Navarro se encuentra a 100 km al oeste de la Ciudad de Buenos Aires, posee una población de 17.024 habitantes y una superficie de 1.630 Km².

La cabecera del partido es la Ciudad de Navarro en donde se concentra el 73 % de la población; la ciudad está ubicada a orillas de la Laguna homónima. Está dividido en 4 localidades y limita con los partidos de Lobos, Chivilcoy, 25 de Mayo, General Las Heras, Suipacha y Mercedes. El acceso al partido se realiza a través de las rutas nacionales 40 y 200 y las provinciales 41, 44 y 47.

La actividad económica desarrollada en el Municipio de Navarro es netamente agropecuaria y se explota el 85% de la superficie del mismo.

Se destaca la cría y explotación de ganado lechero y la cría de ganado bovino para consumo. El principal cultivo es la soja aunque también se cosechan maíz, girasol y trigo.

La industria local está fuertemente relacionada con el perfil agro-ganadero de la zona destacándose sobre todo los tambos e industrias lácteas.

Con respecto al resto de la oferta comercial, el comercio minorista está fuertemente limitado por la competencia que representa la proximidad de la Ciudad de Buenos Aires.

2.2 Gestión Actual de los RSU

Respecto al manejo de los RSU se observan graves falencias históricas en su manipuleo, se puede afirmar que su gestión ha carecido de planeamiento alguno, y las pocas decisiones que se han tomado al respecto han sido paliativos de turno. La solución utilizada hoy en día es un basural a cielo abierto con quema de residuos y representa un claro ejemplo de ausencia de planificación.

2.2.1 Recolección y Transporte

En la Ciudad de Navarro los residuos se recolectan 6 días por semana en dos turnos, uno de 22:00 pm a 5:00 am y otro de 6:00 am a 13:00 am. La Municipalidad cuenta con un único camión compactador actualmente fuera de servicio. Por lo que la recolección se realiza en un camión de caja volcadora.

El Circuito de Recolección I, abarca el centro viejo y las dos calles más importantes. El Circuito de Recolección II abarca al resto de la ciudad. En caso de lluvia no se recolectan residuos en las calles no asfaltadas de difícil acceso.

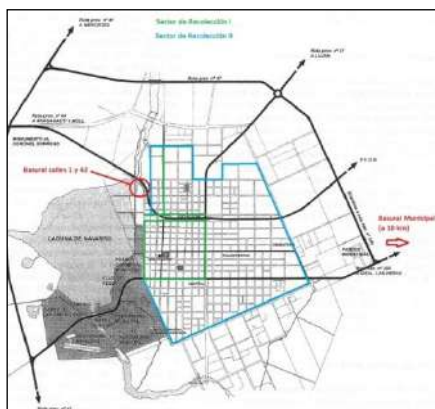


Figura 1 Áreas de Recolección y Recorridos

2.2.2 Disposición Final

Una vez retirados, los residuos de Navarro son llevados a dos posibles destinos, un basural a cielo abierto “oficial” y un basurero a cielo abierto informal.

Basurero Municipal

- El Basurero Municipal, consiste en un predio de unas 12 ha en área rural. Se encuentra a 8 km del límite de la ciudad y a 2 km, por acceso de tierra, de la ruta 200.
- El mismo carece de cualquier tipo de señalización, cerco perimetral o cortina forestal. Únicamente es identificable como tal por los de residuos encontrados en éste.
- No cumple con la Resolución 1143/02 Disposición de RSU en Rellenos Sanitarios.
- Si bien se utiliza como tal desde hace más de 4 años, desde su inicio careció de planificación alguna. No se han realizado estudios de impacto ambiental o monitoreo, ni obras de infraestructura o acondicionamiento de algún tipo.
- Actualmente hay dos grandes zanjones, donde se vuelcan los residuos de forma desordenada y sin compactar. Periódicamente los residuos son quemados; una vez repletos, los zanjones son tapados con tierra, y se abren nuevos zanjones a su lado con una retroexcavadora.
- Dado que carece de cerco perimetral, es frecuente encontrar animales en el predio.
- A 500m de este predio se encuentra un arroyo, afluente del arroyo Las Garzas que desemboca en la Laguna de Navarro.



FIGURAS 2 y 3 Relevamiento Fotográfico del Basural Municipal: Foto del predio (Izq.) y zanja abierta actualmente (der.)

Basural informal ubicado en calles 1 y 42

- Este predio, de carácter inundable al ser una depresión, se utilizó como basurero con la intención original de así rellenarlo para una futura utilización.
- El acceso a este predio se encuentra ubicado en la intersección de las calles 1 y 42, lindando directamente con la zona urbana, y encontrándose a sólo 100m de la laguna de Navarro.
- En 2009, fue clausurado por la ordenanza 591/2009, debido a que se encuentra encuadrado dentro de la zona de Reserva Natural Municipal. Desde entonces, “oficialmente” ha sido utilizado únicamente como receptor de residuos de poda y barrido urbano exclusivamente. Extra-oficialmente funciona como un basurero a cielo abierto, donde los camiones recolectores arrojan residuos domiciliarios; muchos vecinos al desconocer la ubicación del Basurero Municipal, también acercan sus residuos o chatarras a este predio. También se ha verificado la práctica de quema de basura en este predio.
- El predio carece de señalización alguna, tiene un cerco perimetral en mal estado, y carece de cualquier medida de higiene o seguridad alguna.



2.3 El modelo de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU)

La Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos es el conjunto de operaciones que tienen por objeto dar a los residuos producidos en una zona, el destino y tratamiento adecuado, de una manera ambientalmente sustentable, técnica y económicamente factible y socialmente aceptable.

3. INVESTIGACIÓN DE MERCADO

Dadas las consecuencias de mediano y largo plazo de un proyecto de este tipo se contempló un horizonte de análisis de 20 años.

Ante la ausencia de datos estadísticos y con el fin de poder predecir la evolución de Navarro fue necesario relevar la situación actual y estimar en base a investigación, entrevistas con autoridades locales y de otras comunidades la generación diaria per cápita de RSU de los Habitantes de Navarro y la composición de éstos. De dichos análisis se concluyó que Navarro tiene una generación per cápita de RSU de 0,86Kg.RSU/(Día.Persona), que es acorde a lo que la literatura técnica estima para comunidades de características similares.

Tomando datos estadísticos y proyecciones demográficas del INDEC se proyectaron escenarios de crecimiento poblacional. Del análisis realizado se concluyó que no se esperan grandes variaciones más allá del crecimiento vegetativo. Se espera, sin embargo, un aumento de la generación per cápita de RSU, que se estima para el año 2030 tendrá mayor impacto en el aumento de la generación de RSU que el aumento de la población.

Se formularon hipótesis para dos escenarios: un escenario optimista de menor generación y uno pesimista de mayor generación. En el primero se supuso tanto una desaceleración del crecimiento poblacional como en el aumento de tasa de generación per cápita de RSU. En el segundo escenario se supuso una aceleración en el crecimiento poblacional y un aumento en la tasa de generación per cápita de RSU.

Del promedio de ambos se estimó que a lo largo de los 20 años de análisis del proyecto la producción diaria de RSU aumentará un 53% pasando de 10,7 tn diarias en el año 2014 a 16,3 tn en el año 2033. Este incremento se deberá a un aumento de población de 21 %, de 12.021 habitantes, al inicio de la operación en 2014, a 14.524 habitantes al final del proyecto; y a un aumento en la generación de RSU por habitante de un 32%.

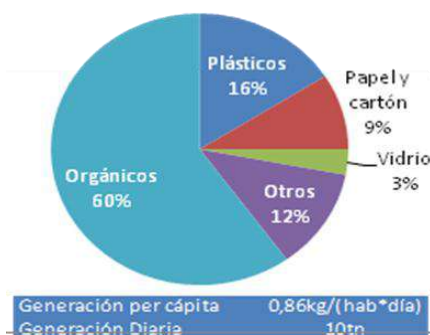


Figura 6 Composición de los RSU de Navarro

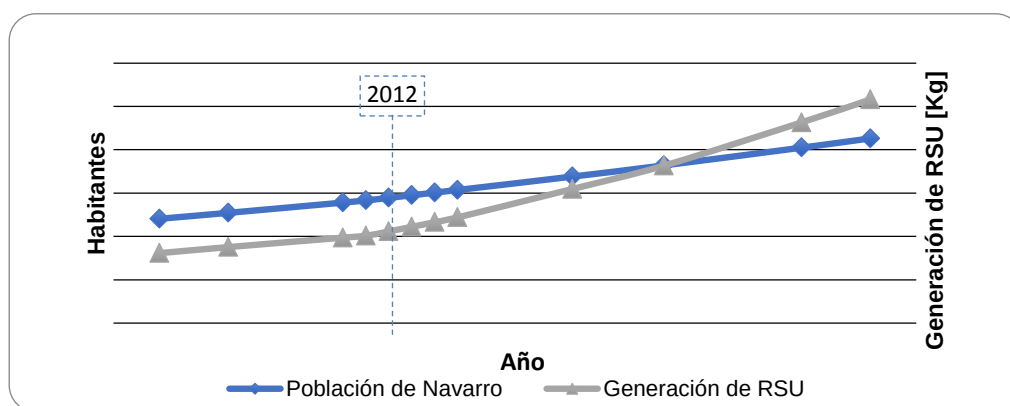


Figura 7 Proyección Poblacional y proyección estimada de generación de RSU de Navarro

Durante la investigación se relevaron los municipios de Rauch, Trenque Lauquen y Roque Pérez; todos similares a Navarro que han implementaron exitosamente programas GIRSU.

3.1 Mercado y valuación de Materiales Reciclados

Del estudio de mercado realizado se pudo observar que hoy en día en Argentina existe un mercado en crecimiento de materiales reciclados. Las leyes GIRSU de la Provincia de Buenos Aires y de Basura Cero de la CABA han incentivado su crecimiento, sin haberlo fomentado fiscalmente. Se puede concluir que es un mercado incipiente e informal, pero es de esperar su pronta expansión y mejora en cuanto a calidad.

De dicho estudio fue posible concluir que los precios de los materiales reciclados pueden sufrir variaciones significativas en función de la calidad del material entregado. La limpieza, y la homogeneidad del lote tienden a ser las variables más influyentes, llegando en algunos casos a duplicar su valor inclusive.

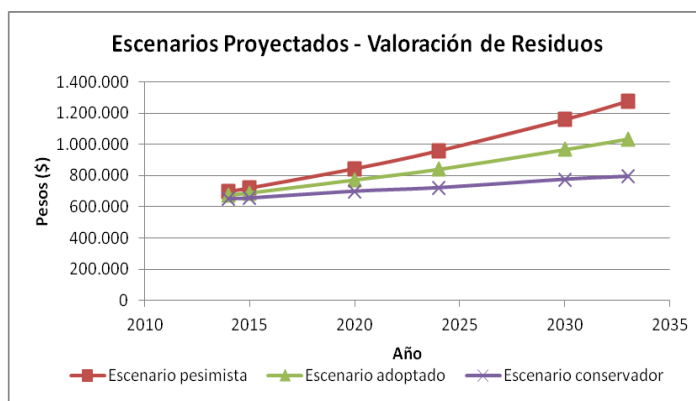


Figura 8 Proyecciones de Ingresos por año por valoración económica de materiales recuperables presentes en los RSU

3.2 Entorno PESTELCO

Teniendo este proyecto características que atañen a toda la sociedad de Navarro se realizó un análisis Político, Económico, Social, Tecnológico, Ecológico, Legal, Comunicaciones (PESTELCO), con el objetivo de relevar, analizar y comprender el entorno del proyecto.

De dicho análisis se pudo concluir firmemente que hoy en día se encuentra dadas las condiciones óptimas para la implementación de un Proyecto GIRSU; y que, de hecho, el propio entorno político, económico, social, ambiental y legal es quien está reclamando que Navarro de un paso hacia adelante y ponga en acción medidas necesarias para alcanzar este tipo de metas. A continuación se destacan el Entorno Ambiental, Económico, Legal y Social:

- *Del entorno Legal* es necesario destacar que hoy en día Navarro no cumple con la Ley Nacional N° 25.916 de “presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios”, ni la Ley N° 13.592 de “Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos” de la Provincia de Buenos Aires. Estas dictan la obligación de todos los Municipios a implementar planes GIRSU y obligan a erradicar los Basurales a Cielo Abierto e impiden el establecimiento de nuevos.
- *Del entorno Ambiental*, es necesario destacar las malas prácticas presentes y la gran cantidad de pasivos ambientales generados a lo largo del tiempo. Siendo adicionalmente los basurales a cielo abierto potenciales focos infecciosos por vectores como roedores e insectos.
- *Del Entorno Económico* se destaca la posibilidad de acceder a préstamos no reembolsables para financiar la inversión en proyectos GIRSU otorgados por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS) de la Nación.
- *Del entorno Social* se debe destacar que la creciente presión y reclamos de los vecinos en esta temática llevó incluso a las autoridades municipales a crear una Secretaría de Medio Ambiente.

4. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Ante este escenario tan positivo, se presentaron diversas alternativas tecnológicas para el tratamiento de los RSU. De dichas tecnologías se analizaron y compararon alternativas de valorización energética, valorización económica y alternativas de disposición final sin valorización alguna.

Como alternativas de valorización energética se evaluaron las tecnologías de *Incineración* e *Incineración con recuperación Energética*. Dentro de las diversas tecnologías de valorización energética estas dos representan las de “menor” escala. Si bien hoy en día toda planta de

incineración incluye mecanismos de recuperación energética, resultó interesante evaluar ambas alternativas a los fines ilustrativos de estudiar su comparación dentro de la matriz de decisión. Como alternativas de *Valorización Económica* de los residuos se consideraron Plantas de Separación y Clasificación de RSU con variantes de *Digestión Anaeróbica* y *Digestión Aeróbica* de la fracción orgánica. Con la primer tecnología se pretendió evaluar la producción de biogás para valorizar la fracción orgánica, mientras que con la segunda tecnología se pretendió valorizar la fracción orgánica mediante la producción de compost. A través de la Planta de separación en ambas propuestas se valoriza los materiales inorgánicos presentes en los RSU para luego reinsertarlos en el mercado.

Finalmente, por ser la solución adoptada durante décadas para los RSU se consideró la alternativa de *Relleno Sanitario* como opción de disposición final sin valorización alguna. Su consideración fue necesaria por su uso frecuente y por sus bajos costos operativos.

Se analizaron y compararon las tecnologías evaluando atributos Técnicos, Ambientales, Económicos y Sociales. Todas las decisiones y ponderaciones se tomaron en cuenta priorizando las características propias de Navarro y sus necesidades.

Tabla 1 Matriz de decisión utilizada

		Relleno Sanitario Incineración Incineración + Recup. Energética Planta Separación + Biogás Planta Separación + Compost				
Atributos	% Pond.	1	2	3	4	5
Técnico						
Volumen óptimo de producción	70%	5	-5	-5	2	5
Flexibilidad para ampliación futura de capacidad	10%	4	-3	-3	-1	3
Revalorización energética	20%	-5	-5	5	5	0
Subtotal Técnico		2,9	-4,8	-2,8	2,3	3,8
Ambiental						
Impacto ambiental	30%	-4	1	1	3	2
Cumplimiento de ley GRSU	50%	-5	2	3	5	5
Revalorización de residuos	20%	-5	-5	5	4	4
Subtotal Ambiental		-4,7	0,3	2,8	4,2	3,9
Económico						
Costos de inversión	30%	-1	-4	-5	-3	-2
Costos de recursos adicionales	30%	0	-4	-4	-3	0
Costos operación y mantenimiento	40%	-1	-4	-5	-3	-2
Subtotal Económico		-0,7	-4,0	-4,7	-3,0	-1,4
Social						
Generación de empleo	50%	1	3	3	4	4
Necesidad académica del personal	20%	3	-1	-1	2	4
Aceptación social	30%	-5	-3	-3	5	5
Subtotal Social		-0,4	0,4	0,4	3,9	4,3
Total		-2,9	-8,1	-4,3	7,4	10,6

De dicho análisis se concluyó que la alternativa tecnológica más acorde a las necesidades de Navarro es la implementación de un plan GRSU que contemple la instalación de una Planta de separación y clasificación de RSU con producción de compost y un pequeño relleno sanitario para disponer la fracción de los RSU no valorizable.

Dicha Alternativa Tecnológica es la que mejor resuelve la problemática actual y futura de los RSU en Navarro, en todos los aspectos estudiados. Con el desarrollo de la misma Navarro pasaría a cumplir con la normativa vigente previamente citada al igual que con las resolución 1143/02 del Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS).

5. PLANTA DE SEPARACIÓN Y PRODUCCIÓN DE COMPOST

El desarrollo de la alternativa seleccionada implicó: la selección del predio, el análisis de la recolección y su logística, y el dimensionamiento de la planta y el relleno sanitario.

5.1 Selección del Predio

Para la selección del predio se analizaron cinco posibles locaciones, habiendo acotado el estudio al análisis de terrenos ya afectados ambientalmente.

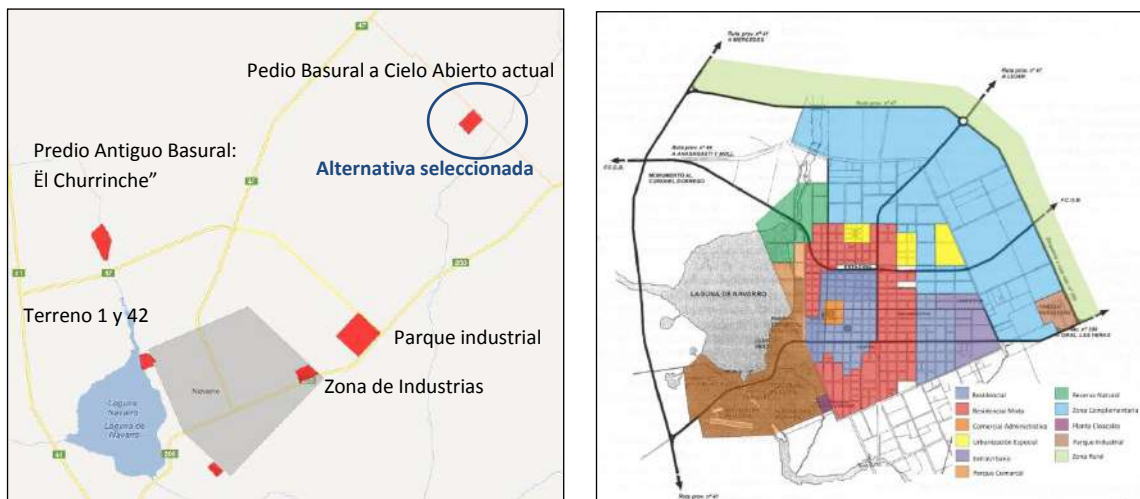


Figura 9 (Izq.) Alternativa seleccionada entre las alternativas de localización
Figura 10 (der.) Plano de Zonificación catastral simplificado

Siendo que el proyecto contempla la construcción de un relleno sanitario de pequeña escala para la disposición final de la fracción de rechazo, debieron respetarse los criterios de localización dispuestos por la Resolución N° 1143/02 “Disposición de Residuos Sólidos Urbanos en Rellenos Sanitarios” de la OPDS y las limitaciones establecidas por las ordenanzas Municipales de Navarro. En base a toda la información relevada y analizada se seleccionó el predio fiscal de 12ha ubicado a 10 kilómetros del centro Navarro, que actualmente se utiliza como basural a cielo abierto “oficial” con la intención de aprovechar el proyecto para sanearlo además de adoptarlo para producción.

5.2 Recolección y Logística

En lo referido a disposición inicial y recolección se optó por realizar una solución mixta, que promueva la participación ciudadana impactando lo menor posible sus hábitos y costumbres. Para ello se contempló involucrar a la población solicitando o exigiendo una separación básica en dos fracciones (*Húmedos y Secos*) con una recolección diaria del total de los residuos a fin de no alterar la costumbre de la recolección diaria.

Se adoptó esta posición debido a que por un lado transmite los valores necesarios para la implementación de un proyecto GIRSU, y por otro lado evita la pérdida de valor de los reciclados al impedir la mezcla entre húmedos y secos.

Dada la insuficiente capacidad y calidad de recolección actual de RSU de Navarro se cotizó nueva tecnología en camiones recolectores, re-planificando su logística a través del transporte en camiones bi-compartimentados de ambas fracciones.

El proyecto contempla el uso de dos camiones recolectores que circularán cubriendo todas las zonas habitadas del pueblo de Navarro en único servicio nocturno, de 22:00 a 5:00 am. Será reducido así el tiempo de permanencia de los residuos en la calle. El recorrido promedio de cada camión será de unos 75 km diarios.

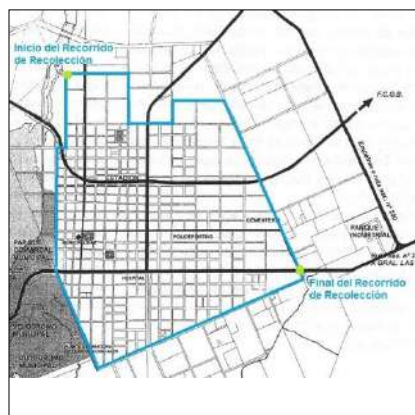


Figura 11 Área de Recolección

5.3 Planta

Se dimensionaron el layout y las maquinarias para una planta de separación acorde a la generación diaria actual de 10 tn y a la proyectada a lo largo de la vida del proyecto.

Los RSU ingresados a la planta son clasificados en cuatro fracciones principales: Orgánica, Inorgánica, Patogénicos y Peligrosos, Rechazo

La *fracción Orgánica* incluye aquellos componentes orgánicos de rápida descomposición como restos de comida, restos de industrias alimenticias, horticultura, restos de jardinería y poda, etc. Esta fracción es valorizada mediante la producción de compost.

La *fracción Inorgánica* es la fracción de mayor valor comercial. Esta fracción habitualmente se separa en las fracciones: Papel y cartón, PEAD, PEBD, PET, PP, PS, Metales, Vidrio y Otros (restos textiles, Neumáticos, electrónicos, etc.)

Además de recuperar materiales, una planta de separación tiene el segundo objetivo de evitar que los *residuos patogénicos y peligrosos* se destinen a rellenos sanitarios para reducir su peligrosidad.

Los *Residuos Patogénicos* por sus riesgos particulares deben ser tratados acorde a lo exigido por la Ley 11.347 y por ello se destinó un área especial para tratamiento de los mismos.

En conjunto con los Residuos patogénicos separados en la planta serán tratados los residuos patogénicos provenientes del Hospital Municipal aprovechando la capacidad ociosa de Horno Pirolítico instalado en la planta.

Finalmente todo aquello que no puede ser recuperado (o que carece de valor comercial) conforma la *fracción de rechazo*, que se destina al relleno sanitario. Ésta incluye también envases de detergentes, limpiadores, insecticidas, pinturas sintéticas, aceites, etc.

Se seleccionaron, en su mayoría, tecnologías fabricadas en el país. Se destacan en particular los camiones recolectores bi-compartmentados, las cintas de separación y el Horno Pirolítico fabricados por DEISA, ECONOVO e INCOL respectivamente.

5.3.1 Proceso

La infraestructura involucrada en la planta constará principalmente de dos galpones donde se desarrollan las tareas de separación, clasificación, prensado y enfardado, almacenamiento y venta.

Los procesos de clasificación son manuales, los materiales circulan por una cinta transportadora y los operarios retiran aquellos específicos de su puesto de trabajo. Una vez alcanzados los volúmenes acordes, los materiales son prensados y enfardados, y luego almacenados hasta obtener los lotes económicos de venta.

En la planta trabajarán un total de 32 personas, con una tasa de productividad promedio de 333 kg/operario.día.



Figura 12 Proceso simplificado

1. Recepción

En esta primera etapa se pesan los materiales y se identifica el "lote" de RSU recibidos para llevar el control estadístico. Los Residuos son volcados en una tolva con rompedor de bolsas que los eleva al sector de clasificación.

2. Separación

Esta es la etapa crítica del proceso, de su eficiencia depende la calidad de la planta y el valor de sus productos.

La separación será realizada manualmente por operarios alistados en sus puestos de trabajo a los lados de la cinta. La cinta dimensionada tiene una capacidad máxima de 10 operarios por turno. Cada operario retira un tipo de material. Al final de la cinta la fracción rechazada es retirada y enviada al relleno sanitario.

3. Acondicionamiento, Prensado y Enfardado

Los materiales separados son controlados visualmente y prensados mediante prensas verticales para acopio hasta generar un lote económico de venta.

Los residuos patogénicos son acondicionados para el retiro por parte de empresas habilitadas o incinerados. Finalmente la fracción rechazada es enviada a relleno sanitario.

4. Almacenamiento y Venta

5. Compost

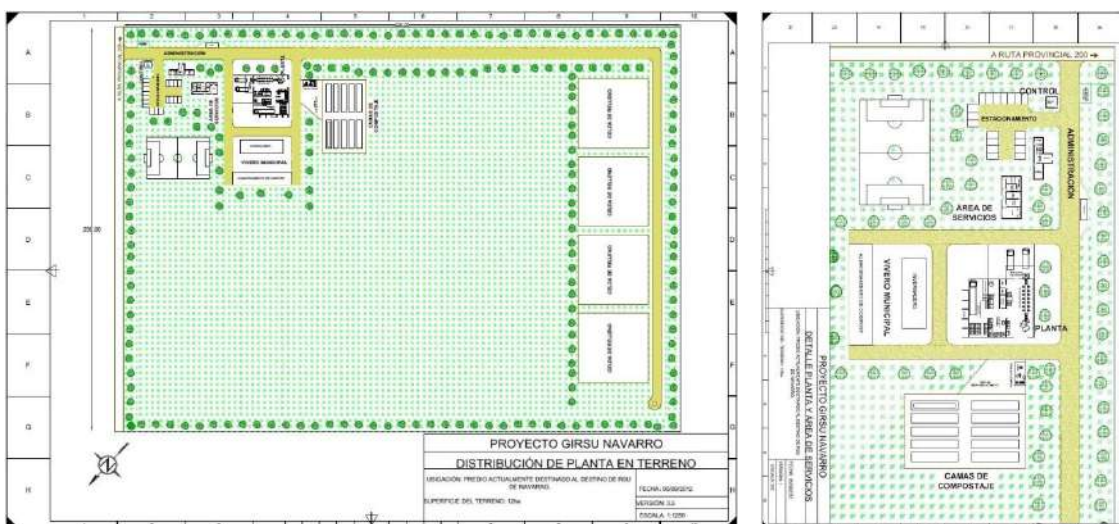
Esta mezcla es dispuesta sobre camas de hormigón donde se produce la digestión aeróbica asistida por lombrices californianas.

5.3.2 Relleno Sanitario

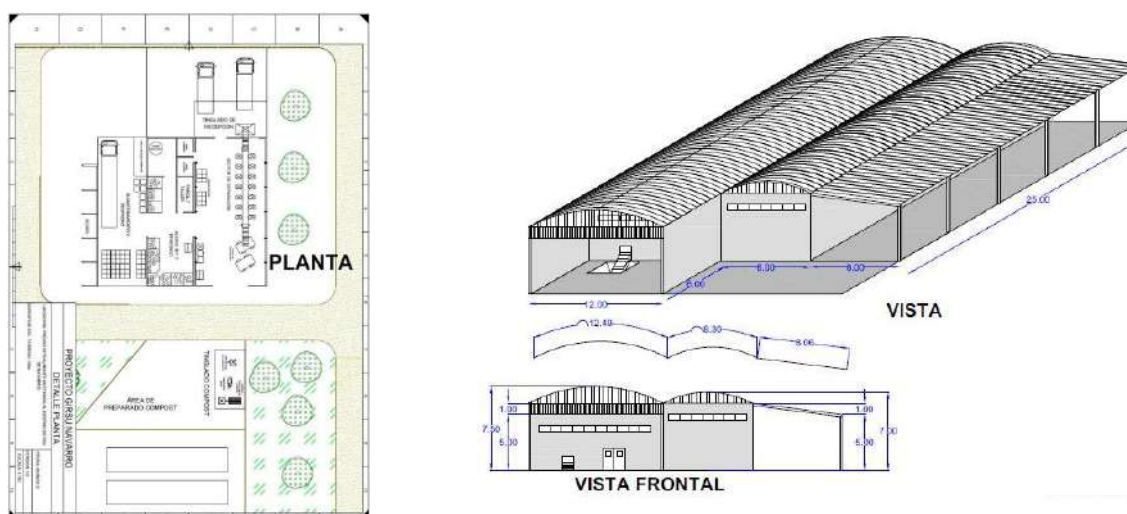
Para la fracción rechazada (20% de lo ingresado a planta) se diseñó un pequeño relleno de contención acorde a lo requerido por la Resolución 1143/02 "Disposición de Residuos Sólidos Urbanos en Rellenos Sanitarios". El relleno sanitario dimensionado para 20 años de uso ocupará una superficie menor a 1Ha, menos de 1/12 del predio.

5.4 Lay-out

En base a las necesidades descritas y al terreno seleccionado se diseñaron un Lay-out general del predio, un anteproyecto de galpones y el lay-out de éstos. Adicionalmente se consideraron los espacios de servicios, de recreación y la posible instalación de un invernadero municipal para el cultivo de especies utilizadas en el mantenimiento de espacios públicos; con la posibilidad adicional de ser utilizado con fines educativos.



Figuras 13 y 14 Layout general de distribución en terreno (sup.), detalle planta y área de servicios (der.)



Figuras 15 y 16 Detalle lay-out Planta (izq.) y galpones propuestos para planta (der.)

5.4.1 Tecnología

La planta prevé la inversión en infraestructura y maquinaria para el desarrollo del proyecto. Entre ellas se destaca:

- 2 Galpones y tinglado par la planta de separación
- Tinglado para el procesado y tratamiento de Orgánicos
- Edificios de Administración y Áreas de Servicios
- Cintas de Elevación, Clasificación y Rechazo
- Prensas enfardadoras,
- Horno Pirolítico
- Equipos de traslado
- Equipos de movimiento de suelo para Compost y Relleno Sanitario

Esta inversión asciende a un total de 1.096.775 USD (TC 4,65 ARS/USD).

6. SEGURIDAD E HIGIENE

Se realizó un análisis exhaustivo en materia de Seguridad e Higiene analizando sector por sector los riesgos subyacentes. Se pudo concluir que, exceptuando el contacto con residuos, la gran mayoría de los riesgos son peligros inherentes a cualquier proceso industrial o productivo y minimizables cumpliendo las normativas y leyes vigentes. Por dicho motivo con el correcto mantenimiento de las instalaciones y maquinarias y la correcta ejecución de programas de seguridad e higiene con capacitaciones constantes y periódicas del personal será suficiente para minimizar los riesgos de accidentes.

Se estableció el uso obligatorio de: ropa de trabajo, calzado de seguridad, delantal de PVC, guantes, anteojos de seguridad, barbijo y protección auditiva si las mediciones lo estableciesen.

7. IMPACTO AMBIENTAL

Siendo un proyecto de carácter ambiental y social resultó indispensable la inclusión de un estudio de Impacto Ambiental. En dicho estudio se contempló el impacto del proyecto tanto en los Macrosistema Natural como Antrópico.

Para mensurar el impacto se realizaron tres evaluaciones complementarias entre sí:

- Matriz de Leopold Reducida
- Matriz extendida
- Impacto por Indicadores de Calidad Ambiental

La Matriz de Leopold reducida se utilizó para resaltar velozmente la combinación de acciones y componentes del ambiente que podrían resultar en un gran impacto y deberían ser sujetas a un análisis más profundo.

Tomando dichas combinaciones como input en la Matriz extendida se las analizó más en detalle tomando en cuenta mayor cantidad de atributos a analizar sobre cada combinación.

Finalmente como metodología complementaria se estimaron indicadores de calidad “con y sin proyecto” a forma de “cuantificar” el impacto de este.

De los bajos impactos obtenidos en las Matrices de Leopold y de la diferencia positiva de los indicadores de calidad ambiental se pudo concluir que, tanto en materia ambiental como social, las mejoras que el presente proyecto aportaría son muy significativas y de impacto ambiental muy positivo.

7.1 Inversión

Tabla 2 Detalle de la Inversión

Infraestructura y Bienes de Uso (BU)	1.096.774 USD
Comunicación y Educación	53.763 USD
Capital de Trabajo Operativo (KTOP)	72.634 USD
Total Inversión	1.223.172 USD

7.2 Financiación e impuestos a las Ganancias

Para financiar la inversión en infraestructura, maquinaria y material de comunicación se tomó en cuenta las herramientas de financiación dispuestas por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación para proyectos GIRSU Municipales en el Marco del *Plan Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos* (PNGIRSU). Dichos “préstamos” son de carácter *No Reembolsable* y solamente pueden ser destinados a la inversión inicial. Los costos operativos del proyecto una vez funcionando corren exclusivamente por cuenta propia de los Municipios. Por lo tanto la inversión en Capital de trabajo Operativo (KTOP) deberá ser financiada desde las arcas del Municipio.

Siendo que el presente proyecto fue diseñado para ser evaluado por el Municipio de Navarro, se planteó su análisis desde la perspectiva Municipal; y que bajo dicho enfoque el uso de herramientas tradicionales ad hoc sin tomar consideraciones o aplicar las salvedades que se ameriten puede llevar a la toma de decisiones erróneas se debieron tener en cuenta consideraciones adicionales en su análisis.

Dicho esto, se consideró la ausencia de Impuesto a las ganancias por ser un proyecto Municipal (Art. 20 Ley 20.628) y se definió que el objetivo último perseguido no es la obtención de una utilidad sino generar el menor impacto posible en el bolsillo del contribuyente. Por este motivo se planteó como objetivo la minimización del costo del servicio o “tasa municipal” que deberá cobrarse a los habitantes de Navarro a fin de que el sistema funcione. Por lo tanto en el Flujo de Fondos se buscó recuperar la inversión minimizando la tasa cobrada al usuario.

7.3 Valor Actual Neto (VAN)

Para descontar el Flujo de Fondo, se optó por tomar una TREMA de 20% ligeramente superior a las mejores tasas de interés bancarias del mercado. El Valor Actual Neto del flujo de fondos obtenido es 0, tal como se estipuló previamente.

Tabla 4 Flujos de fondo descontados en USD

Año	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Flujo de Fondos t	-72.791	12.387	10.345	8.550	7.233	6.254	4.774	3.980	3.288	2.782	2.409
Año	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	
Flujo de Fondos t	1.831	1.524	1.256	1.061	919	693	576	474	400	2.056	

7.4 Costo del Servicio – Impacto en Tasas Municipales

A continuación se presentan las Tasas Municipales¹ proyectadas que deberán pagar los habitantes de Navarro para garantizar el correcto funcionamiento del proyecto. Se estimó un crecimiento en la cantidad de frentistas acorde al crecimiento poblacional.

Tabla 5 Tasa Mensual estimada en USD por frentista a lo largo del proyecto

Año	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Tasa por Servicio											
Frentistas		4.007	4.048	4.088	4.129	4.170	4.212	4.254	4.296	4.339	4.382
Tasa anual/ Frentista		104	104	102	102	105	95	94	93	93	96
Tasa Mensual /Frentista		9,02	8,95	8,78	8,83	9,07	8,23	8,15	8,00	8,04	8,27
Año	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	
Tasa por Servicio											
Frentistas	4.426	4.471	4.515	4.560	4.606	4.652	4.699	4.746	4.793	4.841	
Tasa anual/ Frentista	87	86	84	84	87	78	77	75	75	77	
Tasa Mensual /Frentista	7,47	7,39	7,23	7,26	7,47	6,69	6,61	6,46	6,48	6,68	

7.5 Análisis de Sensibilidad

Para evaluar la vulnerabilidad del proyecto a variaciones en el escenario pronosticado y propuesto se realizó un Análisis de Sensibilidad sobre el VAN y un Análisis de Sensibilidad adicional sobre una “Tasa Equivalente Municipal” a cobrarse al usuario. Esta última se calculó a través de un flujo financieramente equivalente para poder medir directamente sobre ésta el impacto.

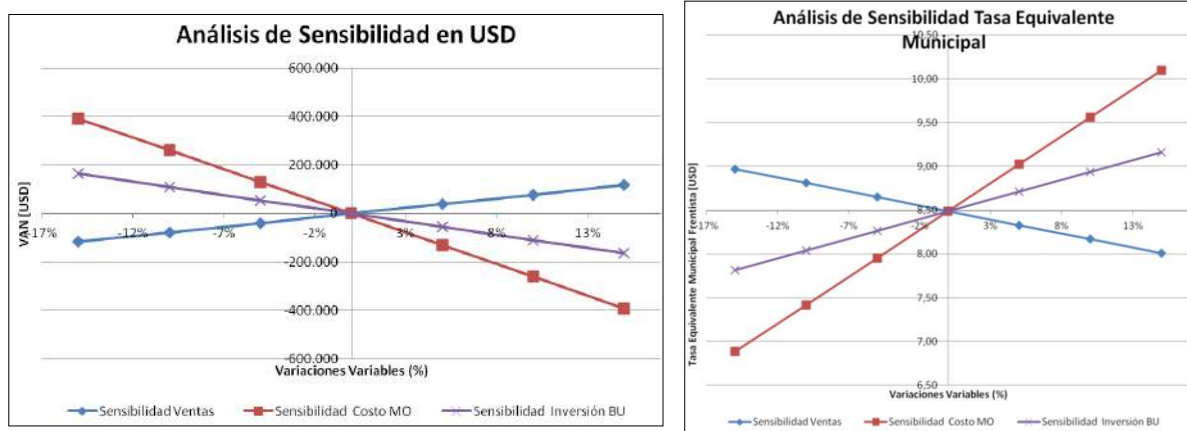


Figura 18 y Figura 19 Análisis de Sensibilidad del VAN (Izq.) y Análisis de Sensibilidad a la Tasa (der.)

¹ la tasa real deberá ser ligeramente menor, debido a que no se consideraron comercios y otras instituciones como frentistas por falta de datos estadísticos

Para realizar el análisis de sensibilidad sobre la tasa municipal se transfirieron los costos de cada variación directo al usuario igualando el VAN a cero para cada variación.

Del presente análisis, se puede observar que será indispensable el control de los costos de mano de obra, y que a lo largo de la vida del proyecto será la variable más influyente. Los mismos representan el 87 % del total de costos, y un aumento del 1 % en los mismos genera una variación de - 26.236 USD en el VAN.

Sin embargo, bajo las condiciones supuestas, como puede verse en la sensibilidad de la tasa municipal, variaciones de mano de obra tendrán pequeño impacto en la tasa municipal. En el peor de los escenarios, para un aumento del 15 % en la Mano de Obra, la tasa Municipal se incrementa solamente un 19 %.

8. CONCLUSIONES

De lo relevado a lo largo de la investigación y desarrollo del presente trabajo se pudo concluir que Navarro es una comunidad pequeña de 17.000 habitantes con hábitos y características tradicionales, debido a su fuerte economía rural.

Presenta graves falencias históricas en materia de RSU, y se puede afirmar que su gestión ha carecido de planeamiento alguno, y las pocas decisiones que se han tomado al respecto han sido paliativos de turno. La “solución” utilizada hoy en día de un basural a cielo abierto con quema de residuos, representa un claro ejemplo de ello. La sucesión de paliativos turno ha tenido como consecuencia directa la generación diversos pasivos ambientales que deberán ser subsanados.

Del análisis PESTELCO se pudo concluir firmemente que hoy en día se encuentran dadas las condiciones óptimas para la implementación de un Proyecto GIRSU y que, de hecho, el propio entorno político, económico, social y legal es quien lo está reclamando.

La aprobación y puesta en marcha del presente proyecto implicará directamente:

- Cumplimiento con la Legislación Vigente
- Remediación y Saneamiento de Pasivos Ambientales
- Generación de empleo digno
- Reducción del tiempo de presencia de RSU en la vía Pública
- Concientización Ambiental y Social

Al financiarse el 94,1% de la inversión (1.150.550 USD) mediante el préstamo No Reembolsable otorgado por la SAYDS el impacto económico tanto para la Municipalidad como para los habitantes será muy bajo. Del análisis financiero, se pudo concluir que si bien los costos de mano de obra representan la mayor parte de los costos variables, un incremento de estos impactará poco en las tasas municipales debido al prorrateo de los costos en la población.

Finalmente, del análisis de impacto ambiental realizado, se pudo concluir que, tanto en materia ambiental como social, las mejoras que el presente proyecto aportará son muy significativas y de impacto ambiental muy positivo; al aportar soluciones concretas para la mejora de la calidad de vida de la población, y el uso de los recursos naturales. El impacto ambiental negativo del proyecto, en contrapartida, será reducido y local, limitándose a la planta y por sobre todo muy minimizable utilizando buenas prácticas de producción y trabajo.

En base al trabajo realizado y a todos los hechos y consideraciones previamente repasadas, podemos concluir que la gestión de los residuos sólidos urbanos se presenta hoy como uno de los mayores problemas a resolver por el Municipio de Navarro y que el proyecto propuesto presenta una solución factible y concreta a dicha necesidad.

La obligación legal, el reclamo de la sociedad y las condiciones financieras alientan y se presentan como una gran oportunidad para poner en marcha el presente proyecto. Su realización o no, por supuesto, dependerá del común acuerdo de la sociedad de Navarro y de sus autoridades políticas.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Tauber Fernando. 1998. *“Navarro: Reflexiones y datos para una estrategia de desarrollo”*. 1a Edición. UNLP. La Plata.
- [2] Elias Xavier. 2009. *“Reciclaje de Residuos Industriales”*. Editorial Diaz de Santo. España.
- [3] Bosmann-Hielsen. 2010. *“Waste-to-Energy through thermomechanical processes: matching waste with process”*. Katholieke Universiteit Leuven. Bélgica.
- [4] Steinhäuser-Deublien. 2008. *“Biogas from waste and Renewable Resources: An introduction”*. Wiley-VCH. Alemania.
- [5] Jamarillo Jorge. 2002. *“Guía para el diseño, construcción y operación de Rellenos Sanitarios Manuales”*. OMS, Universidad de Colombia. Colombia.
- [6] Rifat, Lelic. 2008. *“Lecciones de Ingeniería económica y finanzas”*. Nueva Librería. Argentina.

10.AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen a los Ingenieros José Vera, Manuel Aranda, docentes la materia Trabajo Profesional de Ingeniería Industrial, y al Ingeniero Ernesto Pirillo docente del sobre Evaluación de Impacto Ambientales por su apoyo y asesoramiento.

ESTUDIO DE LA DEMANDA DE MOVILIDAD CICLISTA EN EL ÁMBITO URBANO. APLICACIÓN EN LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL SANTA FE.

Sorba Ivan Alejandro; Luy Alejandro; Mercke Germán; Arriondo Rodrigo Nicolás

*Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Santa Fe
CP 3000, iasorba@hotmail.com*

RESUMEN

Las ciudades contemporáneas presentan problemas de movilidad cuyas características principales son, una alta ocupación del sistema vial y del espacio público por parte del transporte motorizado, que provoca congestión, aumento de los tiempos de viaje y contaminación atmosférica, afectación a la salud pública, entre otros.

Cambiar el paradigma de movilidad desde un enfoque centrado en los automóviles por otro en el cual se privilegian el transporte público y las bicicletas es el principal desafío de las ciudades modernas.

La bicicleta representa un medio de transporte esencial para promover la movilidad sostenible en el ámbito urbano. Combina a la perfección las ventajas de un vehículo privado: rapidez, libertad y versatilidad, con las ventajas sociales, económicas y ambientales del transporte público.

Los programas de movilidad sustentable incluyen medidas que promocionan el uso urbano de la bicicleta como una de sus acciones clave. Sin embargo, existen pocas herramientas de análisis que permitan modelizar su demanda potencial.

El presente trabajo desarrolla una metodología de recolección de datos para el análisis de la demanda de movilidad ciclista en el ámbito urbano de la ciudad de Santa Fe. El resultado es una herramienta que permite conocer y analizar la demanda potencial de la bicicleta como modo de transporte de la Comunidad Universitaria de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe.

Con dicha encuesta, se relevan las ventajas y desventajas de la bicicleta y los motivos principales tanto de uso como de preferencia por otro medio de transporte, permitiéndose así obtener diferencias sustanciales en el modo de uso de dicha herramienta dentro del grupo en estudio.

Palabras claves: Ámbito urbano; Medio de transporte; Movilidad sustentable; Bicicleta.

ABSTRACT

Modern cities present mobility problems such as public places and road systems fully occupied by motorized transportation bringing about congestion, time travels increasement and air pollution affecting public health, among others.

To change the mobility paradigm from cars centered approach to another one where public transport and bicycles are favoured is the modern cities most important challenge.

The bicycle represents an essential type of transport to promote sustainable mobility in the urban environment. It perfectly combines the advantages of a private vehicle: speed, freedom and versatility, with the social, economic and environmental advantages of public transport.

Sustainable mobility programs include measures that promote urban use of the bicycle as one of its principal actions. However, there are not enough analytical tools to model their potential demand.

The present project develops a methodology of data collection for the analysis of cyclist mobility demand of in the urban area of the city of Santa Fe. The consequence is a tool that allows to know and analyze the potential demand of the bicycle as mode of transport in the University Community of the National Technological University "Facultad Regional Santa Fe".

Using this tool, it is possible to know the advantages and disadvantages of the bicycle and the main reasons of use and preference for other types of transport, allowing to obtain substantial differences in the mode of use in the group under study.

1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Santa Fe presenta características intrínsecas altamente amigables para establecer el transporte ciclista como uno de los principales modos de transporte. De todas maneras, existen dificultades inherentes a infraestructura y planeamiento urbano que en muchos casos inducen a otros modos.

Los problemas más comunes se asocian a la falta de infraestructura, a la inseguridad pública y a la agresividad de los conductores de los vehículos motorizados. Estos factores pueden incidir, en algunas ciudades, en el uso o no de la bicicleta como modo regular de transporte.

Desde el grupo CETRAM surgió la iniciativa de explorar los motivos que llevan a la población a utilizar este sistema de transporte, y por otra parte aquellos que inciden negativamente en su elección. Es por ello que esta primera etapa tuvo como fin conocer cómo se mueven desde y hacia la Facultad todos aquellos quienes integramos la Comunidad Universitaria: estudiantes, docentes, graduados y no docentes.

El presente proyecto tiene como principal objetivo desarrollar una herramienta que permita estimar la demanda de movilidad ciclística en la comunidad universitaria de la UTN FRSF, con la cual resulte posible analizar la decisión de utilizar la bicicleta como modo de transporte.

2. METODOLOGÍA

2.1. Recopilación de antecedentes

La UNEP (2009) asegura que los proyectos que dan mayor prioridad al transporte público, a las bicicletas y a los peatones tienen efectos mucho más benéficos para la población que aquellos que se concentran en la mejora de la congestión vehicular como problema considerando, incorrectamente, que la construcción de más vías y estacionamientos es la solución.

"El deseo de aumentar el porcentaje de viajes en bicicleta refuerza la importancia de conocer cómo se produce la decisión de usar la bicicleta como modo de transporte, y cómo se cambia de un comportamiento de elección modal a otro" [3].

Conociendo los factores claves de la elección modal de la bicicleta frente a otros modos, se puede contar con la información necesaria para identificar cuáles deben ser las políticas más adecuadas para establecer las mejores condiciones para su utilización y de esta forma atraer mayor cantidad de usuarios a este modo de transporte.

Estimar la demanda de uso actual de la bicicleta y potencial es necesario para detectar las zonas que deben ser intervenidas de forma prioritaria.

Los modelos de demanda, generalmente usan la información recolectada para estimar la proyección de viajes, obteniendo líneas de deseo que responden a la unión entre los orígenes y destinos de viajes ciclistas más comunes.

Estas líneas de deseo representan esquemáticamente los movimientos esperados. Ortuzar J. (2000) define que el enfoque de modelación clásico parte por considerar una red multimodal de transporte, una zonificación apropiada del área de estudio, y la recolección y codificación de datos tanto para la calibración y validación de los modelos como para su en modalidad predictiva.

El estudio de la demanda de la movilidad ciclista debe tener en cuenta datos cuantitativos tradicionales de la demanda de transporte (como ser: costos, distancia y tiempo de viaje), pero además debemos tener en cuenta que estos factores no explican de manera suficiente la demanda asociada a su uso.

La decisión de una persona de escoger un modo de transporte entre las distintas alternativas disponibles es una combinación de diversos factores relacionados con sus características socio demográficas, con las variables específicas del modo, con la información referente al viaje a la que el usuario tiene acceso y, especialmente, con sus hábitos o costumbres.

Rietvle (2004) describe como determinantes de uso de la bicicleta factores como: los costos de uso, las características sociodemográficas del individuo, los factores socioculturales donde también agrupa las percepciones y las características propias de otros modos de transporte, elementos que conforman el marco general de decisión de uso de la bicicleta. Fernandez (2012) incluye en la modelación un conjunto de variables de percepción relacionadas con el uso o no uso de la bicicleta, con el objetivo de caracterizar el fenómeno sin tener en cuenta la demás alternativas que pueda tener el usuario al construir un modelo de elección en el cual construye cuatro variables latentes: conveniencia, actitud a favor de la bicicleta, condicionantes externos y limitación física.

El Manual de Diseño para el Tráfico de Bicicletas CROW (2007) plantea que existen tres requisitos fundamentales: una buena red ciclovial debe ser coherente, directa y segura. El requisito principal de coherencia es lo más fundamental para la red y se relaciona directamente con la facilidad con la cual los y las ciclistas puedan llegar a su destino. Al nivel de red, esto significa que las conexiones deben relacionarse con los puntos de origen y destino de ciclistas. En relación con el requisito de ser directa, al nivel de red esto se evalúa en cuanto a la distancia y al tiempo. Ser directa en términos de distancia se relaciona con la capacidad de la red, compuesta de la

colección de rutas y conexiones, de proporcionar la oportunidad de andar en bicicleta entre los puntos de origen y de destino, de la forma más directa posible. Como se puede observar para cumplimentar estos requisitos fundamentales resulta indispensable contar con información actualizada acerca de la matriz origen-destino actual y potencial de los viajes en bicicleta.

Considerando los autores anteriores y, en función de la guía "PROBICI. Guía de la Movilidad Ciclista. Métodos y técnicas para el fomento de la bicicleta en áreas urbanas", se logró entender los principales factores que se consideran al evaluar a la bicicleta como medio de transporte y que variable son importantes a la hora de estudiar a un ciclista a fin de desarrollar una encuesta que sea acorde a la demanda en la población en estudio.

2.2. Identificación de variables

Para comprender las variables que entran en juego a la hora de encuestar sobre la movilidad en general y sobre el uso de la bicicleta en particular, se compararon diferentes tipologías de encuestas realizadas en algunas ciudades extranjeras, adaptándolas a las características inherentes de nuestra ciudad y específicamente a las correspondientes a la UTN Facultad Regional Santa Fe.

Como punto de partida se observaron los factores relevantes obtenidos en estudios de demanda ciclista en ciudades de España [2] y [3]. De allí, se consideraron fundamentales la distinción de modos de transporte, la frecuencia de asistencia a la Facultad, los motivos de uso de la bicicleta, las actitudes hacia el uso de la bicicleta como modo de transporte y las dificultades para la utilización de la bicicleta como modo habitual (pudiendo clasificarlas por el grado de dificultad) y las variables que consideran una disposición al uso futuro de la bicicleta.

Analizando las diferentes experiencias pertinentes a las ciudades españolas de Santander y Burgos detalladas en la mencionada Guía PROBICI, se tomaron como variables relevantes los tiempos de viajes y las distancias de los mismos, teniendo en cuenta a su vez las zonas de origen o puntos de partida de estos traslados.

Se consideró importante en el grupo de trabajo añadir como factor la característica de residencia de cada individuo. Esto es, poder relevar si el encuestado habita en la ciudad (o la zona) específicamente por su actividad en la Facultad o si su residencia en la misma es menos dependiente de su ocupación. Así también se incorporó la clasificación de individuos según la actividad que realizan en la institución.

Además de las referencias obtenidas en las fuentes bibliográficas, se realizaron consultas a diferentes grupos focales locales, que proveyeron una perspectiva alternativa y ayudaron a adaptar las características de las encuestas. Los grupos fueron encontrados dentro del ámbito académico y en ámbitos ajenos a la institución. Inicialmente, se confeccionó una encuesta de prueba con las variables consideradas anteriormente y se distribuyó en dos grupos focales: el primero incluye a los integrantes del grupo de investigación CETRAM que no participaban en el proyecto para obtener una mirada de profesionales especialistas en la temática de transporte; y el segundo incluye a estudiantes de nuestra Facultad externos a la actividad. Entonces, las variables relevantes de consideraciones básicas obtenidas a través del material de apoyo y los aportes de grupos focales son:

- ✓ Modos de transporte;
- ✓ Frecuencia de viaje;
- ✓ Tiempos de viaje;
- ✓ Distancias de los viajes.

Cabe aclarar que dentro de la variable "distancias" se vio la posibilidad de estudio de las zonas de origen de los trayectos para lograr plasmar la distribución de la elección de transporte según la región de la ciudad.

También se tuvieron en cuenta en esta sección a las variables que hacen al perfil personal del usuario (franja etaria a la que pertenece, actividad en la facultad, sexo, entre otras). Así, las variables relevantes específicas que se debieron valorar a través del material de apoyo y los aportes de grupos focales son:

- ✓ Factores que motivan o desmotivan al uso del modo ciclista, existiendo tres clases: factores de la vía (infraestructura), factores externos (clima, siniestralidad, etc.) y factores personales;
- ✓ Ventajas y desventajas de la utilización de la bicicleta como medio.

Conjuntamente, se confeccionó un ítem adicional para revisar si las características de residencia de los encuestados condicionaban su modo de transporte.

2.3. Diseño de la encuesta

La iniciativa de analizar la demanda ciclista en la Facultad Regional Santa Fe surgió de las diferencias a simple vista de los tipos de usuarios de bicicletas en la ciudad según las zonas de origen y sus necesidades de movilidad.

La encuesta inicia las actividades de investigación y, como se explicó en la etapa anterior, luego de una recopilación de información sobre demanda ciclista en otras ciudades del mundo, principalmente aquellas que son similares a Santa Fe por población, tipo de calles, parque automotor, etc.

La herramienta se confeccionó en un formulario de Google, donde se diferencia usuarios de no usuarios al contestar la primera pregunta. Es decir, existe una ruta de encuesta distinta para cada tipo de encuestado.

A continuación, en la Figura N° 1 se puede observar la interfaz de la presentación de la encuesta.

Movilidad en la UTN FRSF

Encuesta sobre demanda ciclista en el marco de un proyecto de investigación del grupo CETRAM (Grupo Científico de Estudios de Transporte, Accidentología y Movilidad). Agradecemos su colaboración, sugerencias y aportes.

*Obligatorio



¿Cómo llega usualmente a la Facultad? *

- ☐ Bicicleta
- ☐ Auto
- ☐ Moto
- ☐ Transporte público
- ☐ Caminando

Figura N° 1: Interfaz de presentación de la encuesta.

Como se explicó anteriormente, existen dos rutas de encuestas: La primera, si es usuario de bicicleta, presenta preguntas como frecuencia de utilización, distancia de viaje, tiempo aproximado de viaje, tipo de bicicleta, desventajas que observa el usuario al moverse en dicho medio, etc; La segunda ruta refiere a los no usuarios de bicicleta, se consulta sobre la distancia de su viaje, tiempo aproximado, zona de origen, porque no viene a la facultad en bicicleta y si utiliza dicho medio para otros fines.

Y como última etapa de la herramienta, se presenta un listado de preguntas para usuarios y no usuario que tienen como principal objetivo conocer datos personales del encuestado (años, sexo, etc.), actividad que realiza en la facultad y como incentivaría el uso de la bicicleta.

En las figuras Figura N° 2, Figura N° 3 y Figura N° 4 se puede observar la interfaz de lo descripto anteriormente.

Movilidad en la UTN FRSF

*Obligatorio

Usuarios

¿Con qué frecuencia viene en bicicleta? *

- ☐ 1 vez por semana
- ☐ 2 veces por semana
- ☐ 3 veces por semana
- ☐ 4 veces por semana
- ☐ 5 veces o más

¿Cuál es la distancia de su viaje? *

(Desde punto de origen hasta la facultad)

- ☐ 0 a 2 km
- ☐ 2 a 3 km
- ☐ 3 a 5 km
- ☐ más de 5 km

Zona de origen *

Intersección - ciudad / dirección - ciudad Ej: Gral Paz y Luciano Torrent - Santa Fe / Gral Paz 4700 - Santa Fe

Tu respuesta

Tiempo aproximado de viaje *

- ☐ Hasta 5 minutos

Figura N° 2: Interfaz de encuesta para usuarios.

Fuente: Relevamiento grupo CETRAM.

Movilidad en la UTN FRSF

*Obligatorio

No usuarios

¿Cuál es la distancia de su viaje? *

(Desde punto de origen hasta la facultad)

- ☐ 0 a 2 km
- ☐ 2 a 3 km
- ☐ 3 a 5 km
- ☐ más de 5 km

Tiempo aproximado de viaje *

- ☐ Hasta 5 minutos
- ☐ Entre 5 y 10 minutos
- ☐ Entre 10 y 20 minutos
- ☐ Entre 20 y 30 minutos
- ☐ Más de 30 minutos

Zona de origen *

Intersección - ciudad / dirección - ciudad Ej: Aristóbulo del Valle y Pedro de Vega - Santa Fe / Aristóbulo del Valle 6200 - Santa Fe

Tu respuesta

Figura N° 3: Interfaz de encuesta para no usuarios.

Fuente: Relevamiento grupo CETRAM.

Figura N° 4: Interfaz de encuesta para usuarios y no usuarios.

Fuente: Relevamiento grupo CETRAM.

2.4. Realización de la encuesta

En esta etapa del proyecto se buscó conocer los grupos a encuestar dentro de la Facultad, el tamaño de la muestra de la población total que asiste al establecimiento, como se llevó a cabo el proceso para encuestar y que resultados se obtuvieron.

Una vez desarrollada la encuesta y conociendo en grado de detalle las variables utilizadas y el espacio al cual está destinada, se procedió al estudio de la población. Siendo de un total aproximado de 3000 persona que asisten a la facultad, de los cuales 2500 alumnos (2075 hombres y 425 mujeres) y 500 docentes, no docentes y graduados.

Para el cálculo del tamaño de la muestra mínimo, es decir aquel valor por encima del cual se consideran resultados que sean representativos, se realizó un muestreo probabilístico. El tamaño de la muestra se calcula como se puede observar en la Ecuación (1).

$$n = \frac{N \sigma^2 . Z^2}{(N-1).e^2 + \sigma^2 . Z^2} \quad (1)$$

Referencias:

- n = Tamaño de la muestra;
- N = Tamaño de la población (3000);
- σ = Desviación estándar de la población. Se adopta un valor de 0,5;
- Z = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Se tomará en el orden al 95 % de confianza que equivale a 1,96;
- E = Límite aceptable de error muestral. Teniendo en cuenta que no se tiene su valor, se adopta un valor que varía entre el 1 % (0,01) y 9% (0,009). Para este caso, se adopta: e = 0,05.

Resolución:

$$n = \frac{N \sigma^2 . Z^2}{(N-1).e^2 + \sigma^2 . Z^2} = \frac{3000x(0,5^2)x(1,96^2)}{(3000-1)x(0,05^2) + (0,5^2)x(1,96^2)} = 340 \text{ personas}$$

El número final mínimo de personas necesarias a encuestar es de 340 personas en el ámbito facultativo.

Considerando la forma en la cual se presentó a la población en estudio, se eligió los formularios de google ya que pueden llegar sin barreras a la mayoría de los individuos (se difundió a través de los canales institucionales de la Facultad) y, conjuntamente, expresa los resultados en planillas de cálculo que facilitan el tratamiento de los mismos.

Las encuestas se realizaron entre los días 15 y 24 de Mayo de 2017. Como se explicó anteriormente, el principal objetivo que llevó a la realización de la encuesta fue analizar cómo se trasladan aquellas personas de la Comunidad Universitaria que asisten al menos 1 vez por semana a la Facultad, desde su lugar de origen.

El total de encuestas fue 401, siendo 318 varones y 83 mujeres (79,3% y 20,7% respectivamente). En las Tabla 1, Tabla 2 y Figura N° 5 se presentan el número de personas (totales, varones y mujeres) y el medio de transporte en el cual asisten a la facultad, la edad de los mismos y la actividad que realizan en el establecimiento.

Tabla 1: Clasificación según medio de transporte.

Medio de transporte	VARONES		MUJERES		TOTAL	
	Cantidad	[%]	Cantidad	[%]	Cantidad	[%]
Bicicleta	80	19,95%	7	1,74%	87	21,70%
Auto	97	24,19%	24	5,99%	121	30,20%
Caminando	32	7,98%	3	0,75%	35	8,70%
Moto	22	5,49%	2	0,50%	24	6%
Colectivo	87	21,69%	47	11,72%	134	33,40%
TOTALES	318	79,30%	83	20,70%	401	100%

Fuente: Relevamiento grupo CETRAM.

Tabla 2: Clasificación según rango etario.

Edad	VARONES		MUJERES		TOTAL	
	Cantidad	[%]	Cantidad	[%]	Cantidad	[%]
< 20 años	38	9,48%	8	1,99%	46	11,50%
20 a 30 años	211	52,62%	58	14,46%	269	67,10%
30 a 45 años	53	13,22%	14	3,49%	67	16,70%
45 a 60 años	13	3,24%	3	0,75%	16	4%
> 60 años	3	0,75%	0	0%	3	0,70%
TOTALES	318	79,31%	83	20,69%	401	100%

Fuente: Relevamiento grupo CETRAM.

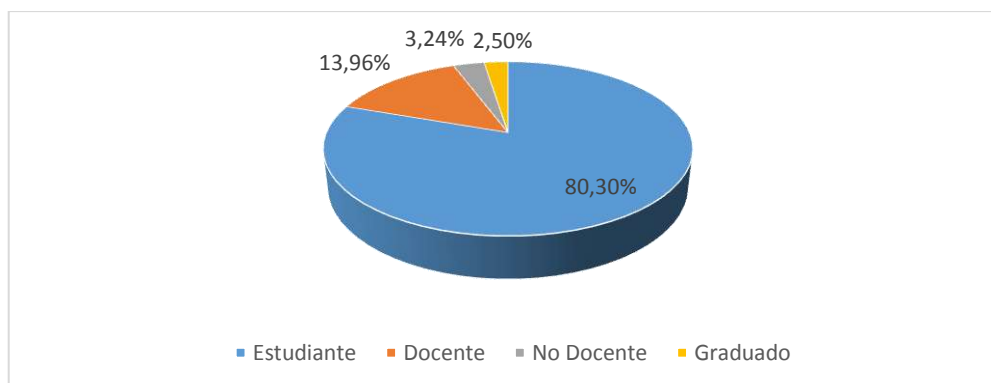


Figura N° 5: Clasificación según actividad.

Fuente: Relevamiento grupo CETRAM.

2.4.1. Perfil del usuario de bicicleta

El número total de usuarios encuestados es de 87 personas. En las *Tabla 3*, *Tabla 4* y *Tabla 5* se presentan los resultados para usuarios en función de las distancias que recorren hasta llegar al establecimiento educativo, la frecuencia con que utilizan la bicicleta y el tiempo promedio de viaje que le lleva recorrer dicha distancia.

Tabla 3: Distancias que recorren usuarios.

Distancias	USUARIOS	
	Cantidad	[%]
0 a 2 km	26	29,90%
2 a 3 km	15	17,20%
3 a 5 km	32	36,80%
> 5 km	14	16,10%
TOTAL	87	100%

Fuente: Relevamiento grupo CETRAM.

Tabla 4: Frecuencia semanal de usuarios.

Frecuencia Semanal	USUARIOS	
	Cantidad	[%]
1 vez	4	4,60%
2 veces	5	5,70%
3 veces	12	13,80%
4 veces	22	25,30%
5 veces o más	44	50,60%
TOTAL	87	100%

Fuente: Relevamiento grupo CETRAM.

Tabla 5: Tiempo de viaje de usuarios.

Tiempo de viaje	USUARIOS	
	Cantidad	[%]
Hasta 5 minutos	16	18,40%
Entre 5 y 10 minutos	16	18,40%
Entre 10 y 20 minutos	35	40,20%
Entre 20 y 30 minutos	14	16,10%
Más de 30 minutos	6	6,90%
TOTAL	87	100%

Fuente: Relevamiento grupo CETRAM.

En la sección en la cual se consulta sobre el/los motivo/s que alientan el uso de la bicicleta como medio de transporte para desplazarse hacia la Facultad, el usuario puede responder con opciones múltiples; es por ello que el porcentaje por cada motivo es el representativo del total de los usuarios. En Figura N° 6 la se puede observar lo descripto anteriormente.

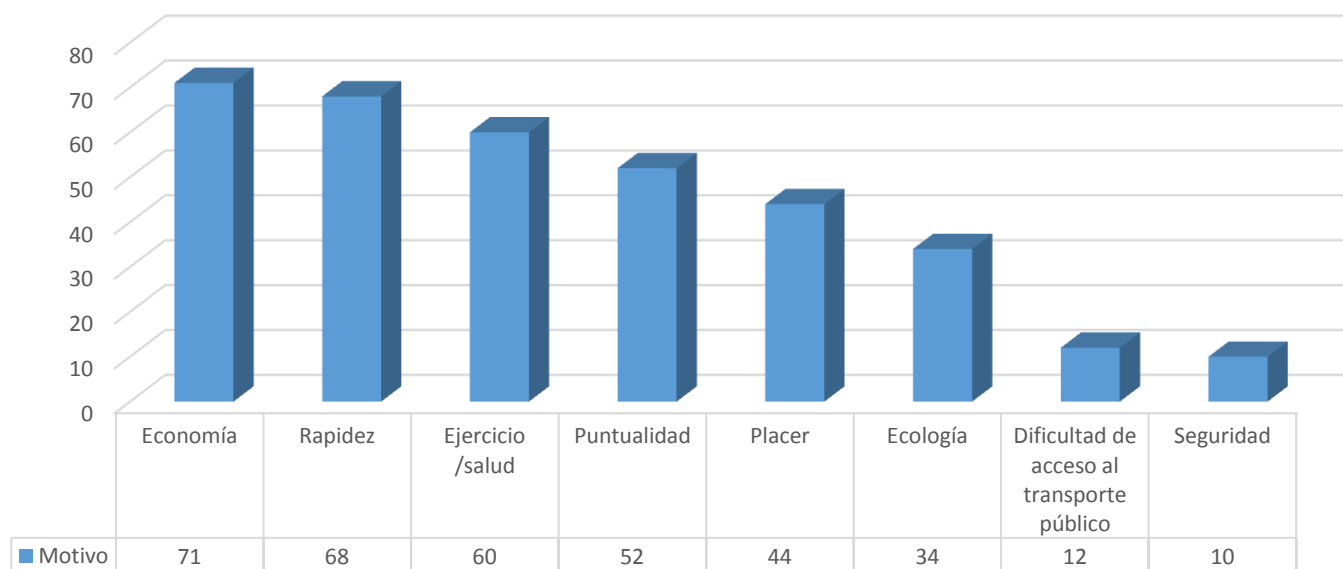


Figura Nº 6: Motivos principales de elección de la bicicleta como medio de transporte

Fuente: Relevamiento grupo CETRAM.

2.4.2. Perfil del no usuario de bicicleta

El total de no usuarios es de 314 personas. En las tablas se presentan los datos obtenidos por sexo y movilidad.

Tabla 6: Clasificación de no usuarios según medio de transporte.

Medio de transporte	VARONES		MUJERES		TOTAL	
	Cantidad	[%]	Cantidad	[%]	Cantidad	[%]
Auto	97	30,89%	24	7,64%	121	38,53%
Caminando	32	10,19%	3	0,95%	35	11,15%
Moto	22	7,01%	2	0,64%	24	7,64%
Colectivo	87	27,71%	47	14,97%	134	42,68%
TOTALES	238	75,80%	76	24,2	314	100%

Fuente: Relevamiento grupo CETRAM.

Tabla 7: Clasificación de no usuarios según rango etario.

Edad	VARONES		MUJERES		TOTAL	
	Cantidad	[%]	Cantidad	[%]	Cantidad	[%]
< 20 años	33	10,51%%	8	2,55%	41	13,07%
20 a 30 años	142	45,22%	51	16,24%	193	61,46%
30 a 45 años	47	14,98%	14	4,46%	61	19,43%
45 a 60 años	13	4,14%	3	0,95%	16	5,09%
> 60 años	3	0,95%	0	0%	3	0,95%
TOTALES	238	75,80%	76	24,20%	314	100%

Fuente: Relevamiento grupo CETRAM.

Considerando los motivos por los que los no usuarios no eligen la bicicleta como medio de transporte y, aplicando la opción de múltiples respuestas, se encuentran principalmente que los usuarios viven muy lejos (42,7 %), no tienen bicicleta (33,8%), por la inseguridad (29%), agresividad del tráfico (20,7%), el clima (13,1%), falta de infraestructura (8%), defectos en infraestructura (8%), entre otros.

A su vez, se consultó respecto a si utilizaban la bicicleta para otros fines obteniendo como resultados que un 50,3% de los encuestados dijeron que no, otro 36% para actividades recreativas, un 31,1% en su barrio, un 12,1% la utilizan en trámites y tan solo un 5,4% para ir a trabajar.

Como tercer y última etapa de la encuesta, se preguntó tanto a usuarios como no usuarios respecto a cómo incentivaría el uso de la bicicleta. Considerando respuestas múltiples, en la Figura N° 7 se puede observar los resultados obtenidos.

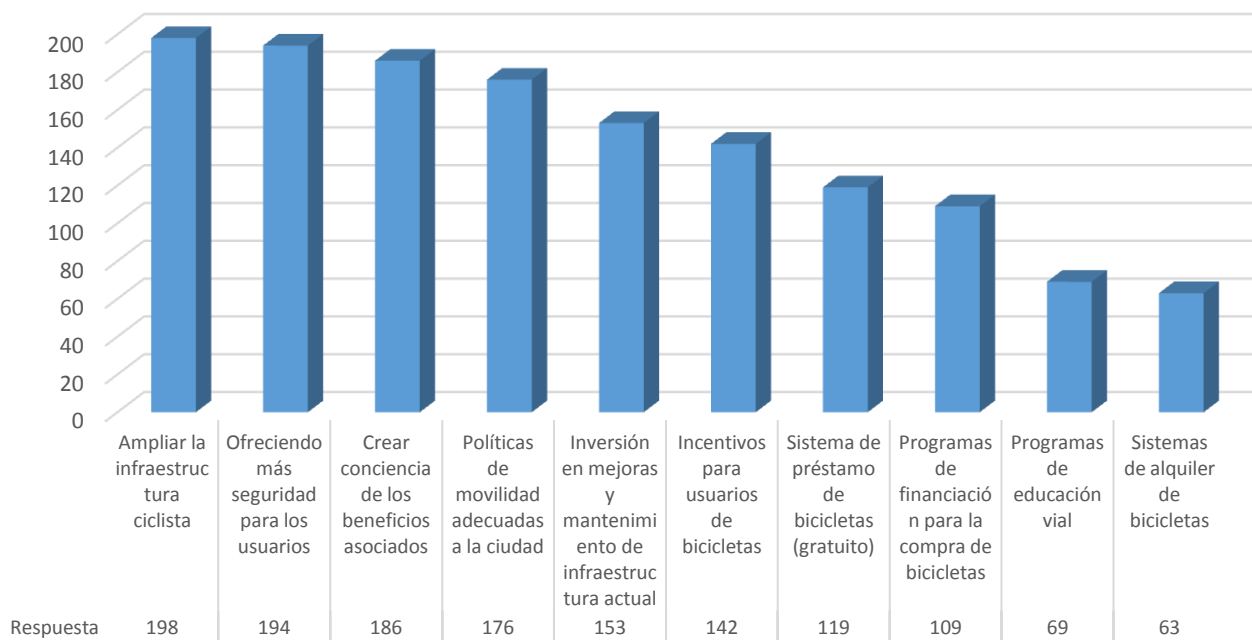


Figura N° 7: Usuarios y no usuarios, ¿Cómo incentivaría el uso de bicicleta?

Fuente: Relevamiento grupo CETRAM.

2.5. Conclusiones

Del análisis de los datos recabados, se encontró información relevante que sirve como base para indicar tendencias y lograr entender al usuario de bicicleta. Como puntos a resaltar, el 80,3% de los encuestados son estudiantes y la mayoría de los encuestados no utiliza la bicicleta como medio de movilidad (59,3% de encuestados).

En general, los usuarios de bicicleta son principalmente estudiantes, de entre 20 y 30 años de edad y varones. Asisten 5 veces por semana y recorren distancias menores a 5 kilómetros desde su origen de destino al establecimiento educativo. El tipo de bicicleta preferida es la de montaña. Esto se debe a que es el principal formato comercializado en la ciudad desde hace muchos años.

Del total de no usuarios, el 75,8% son varones y el 24,2% son mujeres. El 50,96% respondió que vive a más de 5 km de la Facultad Regional Santa Fe. De ellos, el 83,75% afirma vivir muy lejos de la Facultad. La mayoría de los no usuarios tiene un tiempo de viaje promedio entre 10 y 20 minutos.

Aquellas personas que no utilizan la bicicleta como medio de transporte para asistir a la Facultad que viven a más de 5 kilómetro, prefieren el transporte público de pasajeros, siendo mayor el porcentaje de mujeres que varones. Considerando lo dicho anteriormente y el resto de encuestados de no usuarios, el modo preferido de transporte es el Transporte Público de Pasajeros. Esto ocurre principalmente en aquellos usuarios que residen en las cercanías del recorrido de las líneas 16 y 14, que son aquellas que circulan cercanas a la Facultad. Las mujeres utilizan más el Transporte Público de Pasajeros, dando como resultado un 35,07% del total de quienes utilizan este medio de transporte y un 56,6% del total de mujeres encuestadas.

El automóvil particular prevalece en aquellos miembros de la Comunidad Universitaria que no tienen acceso a las líneas de transporte público de pasajero. Los varones prefieren el auto como medio de transporte, dando como resultado el 80% de todos los que utilizan este medio de transporte y el 30,5% del total de varones encuestados.

Y por último, luego de evaluar en su totalidad las encuestas, se resume que las mujeres no prefieren ir caminando, en moto o en bicicleta a la Facultad.

Como principal objetivo, el presente proyecto tuvo la realización de la encuesta y su posterior evaluación en un ámbito conocido y accesible. La aplicación de la misma dio resultados

importantes a la hora de entender al ciclista y aquella persona que prefiere no utilizar la bicicleta y, además, dejó abierta la posibilidad de expandir la herramienta a otros ámbitos de la Ciudad.

3. REFERENCIAS

- [1] UNEP. (2009) - Planificación e implementación de campañas destinadas a promover el uso de la bicicleta en países de América Latina: Guía para tomadores de decisiones. Jorge Rogat (Ed.).
- [2] IDAE (2010) "PROBICI. Guía de la Movilidad Ciclista. Métodos y técnicas para el fomento de la bicicleta en áreas urbanas". Equipo Investigador PROBICI, coordinado por Andrés Monzón y Gianni Rondinella. Madrid.
- [3] Muñoz, B, Gianni R., Monzon A., (2012) Análisis de los factores clave para la demanda ciclista en el centro de Madrid. X Congreso de Ingeniería del Transporte (CIT 2012), 20-22 de junio de 2012. Granada.
- [4] Ortuzar J. D. (2000) Modelos de Demanda de Transporte. Alfaomega. Mexico.
- [5] Rietveld P & Daniel, V (2004). Determinants of bicycle use: do municipal policies matter? Transportatio Research Part A: Policy and Practice, 38 (7), 531-550
- [6] Fernandez A (2012). El potencial de las variables latentes en modelos explicativos del uso de la bicicleta. UPM. [Http://www.tdx.cat/handle/10803/84679](http://www.tdx.cat/handle/10803/84679).
- [7] CROW (2007). Manual de Diseño para el Tráfico de Bicicletas. CROW, Ede. Publicación: record 27. Editor: Rik de Groot, Herwijnen. www.crow.nl.

Desarrollo de un Plan de Eficiencia Energética en la UTN - FRSN

Hetze, Vanesa*; Barbieri, Norberto; Moreno, Natanael; Antonelli, Sofia; Sosa, Matias.

*UTN Facultad Regional San Nicolás.
Colon 332, San Nicolás, Buenos Aires. vhetze@frsn.utn.edu.ar.*

RESUMEN.

El Grupo de Investigación de Energías Renovables - GIDER de la UTN Facultad Regional San Nicolás ha comenzado a diseñar un plan de eficiencia energética, que resulta especialmente relevante en el espacio de la facultad. Junto con los beneficios económicos inherentes a la correcta ejecución de este tipo de medidas, en este ámbito existen además otro tipo de logros, asociados principalmente a la calidad ambiental y generación de conciencia en alumnos y profesores. Para abordar un plan de mejora de la gestión energética debemos partir de un conocimiento previo de la situación energética de la organización. Se diseñaron cuatro etapas de ejecución, en las que se incluye el relevamiento de datos de consumo energético, análisis de la envolvente del edificio y de hábitos de consumo, detección de puntos de mejora, elaboración del calendario de ejecución, determinación de indicadores a monitorear. Se presenta en este trabajo los avances del plan, los trabajos realizados y resultados obtenidos.

A partir de la medición de potencias en el sector, se comenzó a establecer la línea de base, para monitorear el consumo. Se pretende completar las mediciones en las diferentes estaciones del año. Con el estudio de hábitos de consumo, se detectó que el personal no hace un buen uso de los aparatos electrónico. Por lo que se propone realizar una campaña de concientización acerca de la eficiencia energética. El inventario de equipos permitió conocer los datos técnicos más relevantes, y tomar la decisión del recambio de luminarias, como medida más urgente, por tecnología LED.

Palabras Claves: Eficiencia energética, Buenas prácticas, Energía, Calidad ambiental.

ABSTRACT

The Renewable Energy Research Group - GIDER of the UTN San Nicolás Regional Faculty has begun to design an energy efficiency plan, which is a very important thing in the university area. With an correct implementation of this type of procedures we can easily take economic benefits. Also we can find other types of achievements, mainly associated with environmental quality and the generation of energy awareness among students and teachers. In order to approach a plan of improvement of the energy management we must start from a previous knowledge of the energetic consumption situation in the organization. Four stages of execution were designed, including data collection of energy consumption, analysis of building enclosure and consumption habits, detection of improvement points, preparation of the execution schedule, determination of KPI to be monitored. This paper presents the progress of the plan, the work done and the results obtained.

From the measurement of power installed in the sector, the baseline was established to monitor the consumption. Therefore It is intended to complete the measurements in the different seasons of the year. With the study of consumption habits, it was detected that the staff does not make a adequate use of electronic goods. Therefore it is proposed to carry out an awareness campaign on energy efficiency. The inventory of equipment allowed to know the most relevant technical data. During this research we decide the replacement of luminaires, as a more urgent measure, by LED technology.

1. INTRODUCCIÓN

Se propone en este trabajo desarrollar la prueba piloto de un plan de eficiencia energética en la Universidad Tecnológica Nacional –Facultad Regional San Nicolás.

A través de este plan, se impulsa el ahorro de energía, la eficiencia energética y se promueve la calidad ambiental del entorno a través de la mejora en la iluminación de los sectores de trabajo. Junto con los beneficios económicos y ambientales inherentes a la correcta ejecución de este tipo de medidas, en este ámbito existen además otro tipo de logros, asociados principalmente a la generación de conciencia en alumnos, profesores y personal administrativo.

Se presenta en este trabajo los avances del plan, los trabajos realizados y resultados parciales obtenidos.

El presente proyecto se enmarca en el Decreto N° 140/07 (Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía – PRONUREE), que establece el marco de trabajo de eficiencia energética en Argentina. Refiere el tema a la adecuación de los sistemas de producción, transporte, distribución, almacenamiento y consumo de energía, destinada a lograr el mayor desarrollo sostenible con los medios tecnológicos al alcance, minimizando el impacto sobre el ambiente, optimizando la conservación de la energía y la reducción de los costos.

1.1. Antecedentes

La Eficiencia Energética consiste en la reducción de consumo de energía, manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir el confort ni la calidad de vida, asegurando el abastecimiento de energía, protegiendo el medio ambiente y fomentando la sostenibilidad.[1]

La experiencia internacional indica que una de las formas más rápidas y económicas de superar una situación energética crítica es racionalizar y hacer más eficiente el consumo y también que, en general, es más barato ahorrar una unidad de energía que producirla. Así es como el Uso Racional y Eficiente de la Energía (UREE) se convierte en un protagonista fundamental de las matrices energéticas de los países desarrollados y de muchos países en vías de desarrollo, ya que es una “fuente de energía abundante”, de bajo costo y que no contamina. [2]

El UREE tiene sentido tanto desde el punto de vista económico como ambiental. Al usar menos combustibles para hacer las mismas actividades mitigamos las emisiones de gases de efecto invernadero, preservamos nuestros recursos y disminuimos los gastos en energía de los usuarios. [1]

Uso racional significa utilizar sólo la energía necesaria para conseguir el fin deseado. El “ahorro”, de manera lisa y llana, está más asociado a una conducta de los usuarios. Y la eficiencia energética consiste en usar los mínimos recursos energéticos posibles para lograr el nivel de confort deseado.

La Agencia Internacional de Energía (IEA) estima que los edificios comerciales, residenciales y públicos consumen del 30% al 40% de la energía utilizada a nivel mundial, lo cual significa un aporte de entre el 25% y el 35% de las emisiones de CO₂ mundiales debido, fundamentalmente, al consumo de electricidad y combustibles para la iluminación, climatización, conservación de alimentos, y equipos de oficinas, entre otros, dentro de los edificios. [2]

En la Argentina, la iluminación representa aproximadamente el 35% del consumo eléctrico residencial y aproximadamente el 25% de consumo eléctrico total. A su vez, el consumo de energía eléctrica es el que más rápidamente crece en el país y en el mundo. A nivel nacional se espera que se duplique en los próximos 12 a 15 años. Dadas las dificultades que ya existen para satisfacer la demanda local y el alto costo de las importaciones de gas y electricidad, resulta crucial buscar mecanismos que puedan reducir el impacto de estas erogaciones, tanto en las cuentas nacionales como en la balanza comercial del país. [1]

El consumo energético en una oficina está repartido mayoritariamente entre los equipos de iluminación y resto de aparatos eléctricos, seguido de los sistemas de climatización, dedicándose una pequeña parte (alrededor del 5%) a la producción de agua caliente sanitaria. El uso generalizado de los sistemas de climatización, los sistemas de iluminación o el cada vez mayor número de equipos ofimáticos (ordenadores, impresoras, fotocopadoras, escáneres) contribuyen significativamente a aumentar el consumo de energía de los centros de trabajo. Este consumo se va a ver influido también por factores como el nivel de eficiencia energética de los equipos, los hábitos de consumo de los usuarios o las propias características constructivas del edificio. [3]

La construcción y el uso del hábitat generan múltiples impactos en distintas escalas por el uso directo de recursos energéticos e hídricos, además de los recursos utilizados en la extracción, producción, procesamiento y transporte de los materiales de construcción. Además, las expectativas de calidad de vida presentan una mayor exigencia, aumentando la demanda de energía destinada al acondicionamiento artificial, con su correspondiente impacto indirecto al ambiente, como ser, las emisiones de gases efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global y al cambio climático, y los efectos locales como la denominada “isla de calor” que provoca aumentos de 2° ó 3° en la temperatura de centros urbanos. [1,2]

En el proceso del diagnóstico energético, el levantamiento de datos es la etapa de mayor importancia para el buen desarrollo del estudio, debido a que las subsecuentes etapas están

Debido a que el consumo energético está relacionado con las horas de encendido de las lámparas, pueden lograrse ahorros adicionales con el mejor aprovechamiento de la luz natural y elementos de control que permitan apagar las luces cuando los locales estén desocupados y/o disminuir la iluminación artificial cuando exista suficiente luz natural. La iluminación es la primera y la más común de las aplicaciones eléctricas de los edificios. Utilizar de la mejor manera la energía eléctrica para la iluminación disminuye el costo y mejora el confort visual. [4]

Para abordar un plan de mejora de la gestión energética debemos partir de un conocimiento previo de la situación de la organización. Se diseñan cuatro etapas de ejecución, en las que se incluye el relevamiento de datos de consumo energético, análisis de la envolvente del edificio y de hábitos de consumo, estudio de iluminación de ambientes de trabajo, detección de puntos de mejora, elaboración del calendario de ejecución y determinación de indicadores a monitorear, entre otras.

Se comenzó a trabajar con una prueba piloto, en el sector de oficinas de directores de departamento de las carreras de ingeniería, dado que se considera el de mayor consumo por la cantidad de aparatos electrónicos utilizados.

1. Oficina de Concursos

1. Oficina de Concursos
2. Dirección de Ingeniería Eléctrica
3. Dirección de Ingeniería Electrónica
4. Dirección de Ingeniería Industrial
5. Dirección de Ingeniería Mecánica
6. Dirección de Ingeniería Metalurgia
7. Dirección de Materias Básicas
8. Sala de reuniones
9. Cocina
10. Baños mujeres
11. Baños hombres
12. Pasillo



- Realización de un inventario de todos los equipos consumidores de energía.
- Recopilación de datos de consumo energético histórico de las instalaciones (facturas de electricidad)
- Medición de consumo por periodos, para establecer línea de base.

- Confeción de un relevamiento sobre los hábitos de consumo de los trabajadores.
- Elaboración de un plan de acción con puntos de mejora.
- Análisis de la envolvente del edificio, para determinar el estado del aislamiento térmico y detectar así pérdidas energéticas.

- Desarrollo de indicadores

Tercera etapa:

- Seguimiento del plan de mejora de la gestión energética.
- Elaboración de una planilla con el calendario de las etapas de ejecución, los responsables de implantación de la medida, el presupuesto disponible para realizarla y el mecanismo de seguimiento de los resultados.

Cuarta etapa:

- Evaluación de los resultados y comunicación de los mismos.
- Seguimiento de los resultados
- Implementación de la mejora continua. Se debe realizar un seguimiento periódico de las medidas planteadas y de los indicadores.

El plan va desarrollándose en las diferentes etapas, y a medida que los recursos, tanto humanos como económicos estén disponibles. Se replicará luego a todas las instalaciones de la facultad.

3. RESULTADOS

3.1 Avance de primera etapa

Las mediciones de consumo se realizaron en dos periodos, con el fin de establecer línea de base, tomando los datos de corrientes, tensión y potencia, en turnos mañana, tarde y noche.

- 29/10/16 al 18/11/16
- 08/08/17 al 31/08/17

Se realizó un inventario de todos los equipos consumidores de energía del sector, en el que se resumen los datos técnicos más relevantes: Lámparas, aires acondicionado, PC y monitores, etc.

Se está realizando la recopilación de datos de consumo energético histórico de las instalaciones, facturas de electricidad, a fin de poder comparar luego los consumos.

A la carga eléctrica total (en vatios) de un sistema o circuito eléctrico, si todos los aparatos se ponen en funcionamiento a la vez, se denomina potencia instalada o carga conectada. Se puede observar en la Tabla 1, que en el sector medido ésta es de 31,2kW, distribuido en diferentes equipamientos e iluminación. El 50% corresponde a los aires acondicionados y un 6% a la iluminación.

A pesar de ser un porcentaje bajo el destinado a iluminación es el primero a corregir, ya que es de solución fácil y rápida.

Además, se cuenta con 58 equipos entre computadoras, monitores, impresoras, aires acondicionados, que representan 29,3kW de potencia.

Tabla1 Inventario de equipo sector oficinas

Equipo	Cantidad	Potencia (w)
AA	8	15300
Microondas	1	1450
Dispenser	2	1100
Heladera	1	180
Impresoras	12	6000
Monitores	16	340
PC	16	4800
Extractor de aires	2	100
BC-15	6	90
BC-20	10	200
BC-26	22	572
TF-36	22	924
TF-18	4	88
LED	3	9
Potencia instalada		31,2kW

Se contabilizó un total de 67 luminarias distribuidas en todo el sector, representando una potencia instalada de aproximadamente 1,9kW.

El cálculo de potencia instalada en iluminación a partir del recambio de lámparas bajo consumo y tubos fluorescentes por tecnología LED, muestra una gran disminución, como puede verse en la Tabla 2. De un total de 1,9kW de potencia instalada en iluminación se disminuye a 0,7kW, representando una baja de 270%.

Tabla2 Potencia instalada en iluminación y recambio propuesto

Recambio	
TF y BC (w)	LED (w)
90	24
200	40
572	176
924	396
88	36
9	9
1,9kW	0,7kW

3.1.1 Línea de base

La medición de consumo se realizó para comenzar a establecer la línea de base. Esta es una etapa de importancia para el buen desarrollo del estudio, debido a que luego se comparará sobre estos datos para medir el ahorro y la eficiencia.

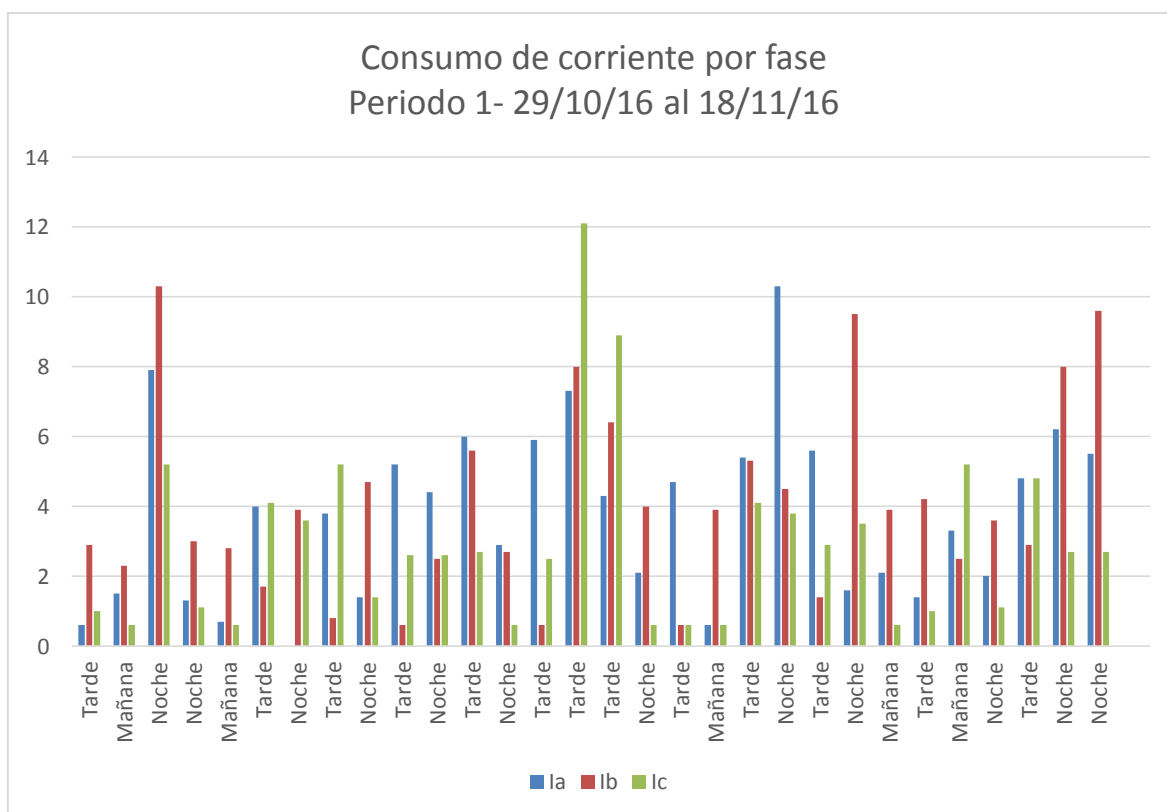
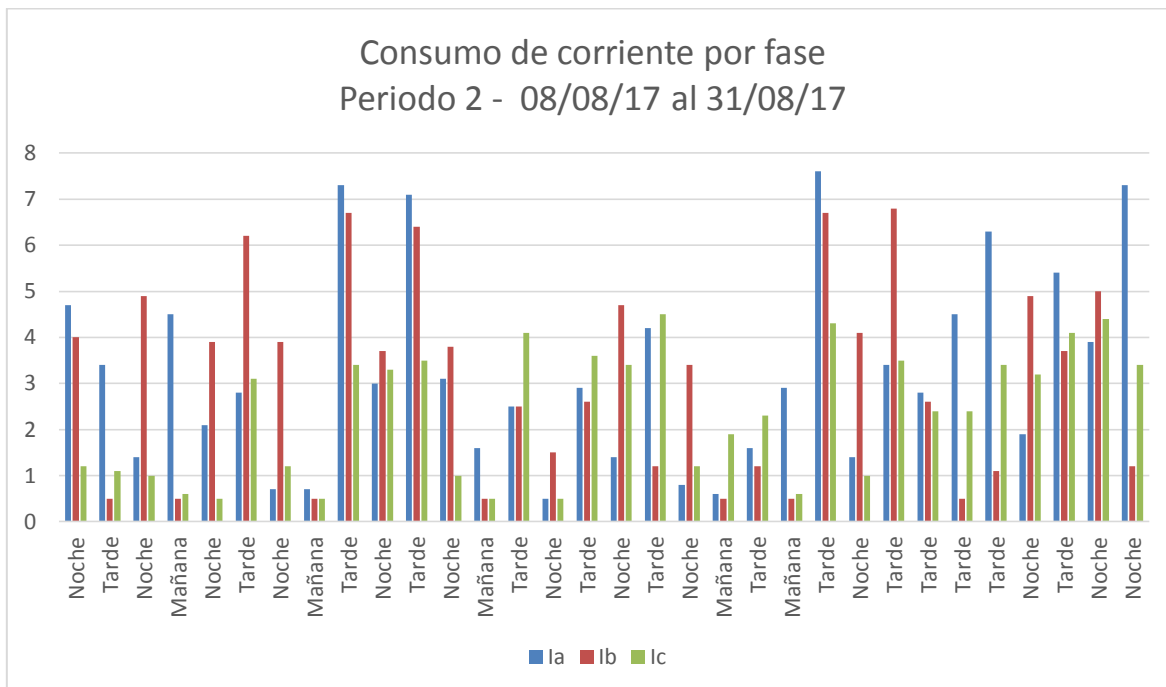


Figura 2 Análisis de corrientes por fase sectorizado por turnos- Periodo 1

En la Figura 2 se pueden apreciar las variaciones de corrientes por fase, en el periodo 1, correspondiente a la primavera, donde se nota que el mayor valor alcanzado es de 12 Amper en la fase C. Se puede indicar que existe un desequilibrio entre fases, que van variando por cada turno esto depende del consumidor que esté conectado en cada línea. En el turno noche se da el mayor consumo de corriente, debido a que el uso de oficinas de departamentos de ingeniería se centra entre las 18h y las 21h.



En la figura 3, se notan las variaciones de corrientes por fase del periodo 2, en invierno, donde se distingue que el mayor valor alcanzado es de 7,6 Amper en la fase A. Se advierte que existe un desequilibrio entre fases, que van variando por los distintos consumidores que están conectados por líneas.



Realizando ahora, un análisis de potencia por turnos, en el periodo 1 y 2, (Figura 4 y 5), de acuerdo a los registros tomados se observa que la mayor potencia consumida se encuentra en el turno noche, correspondiéndose con el horario de uso de las instalaciones.

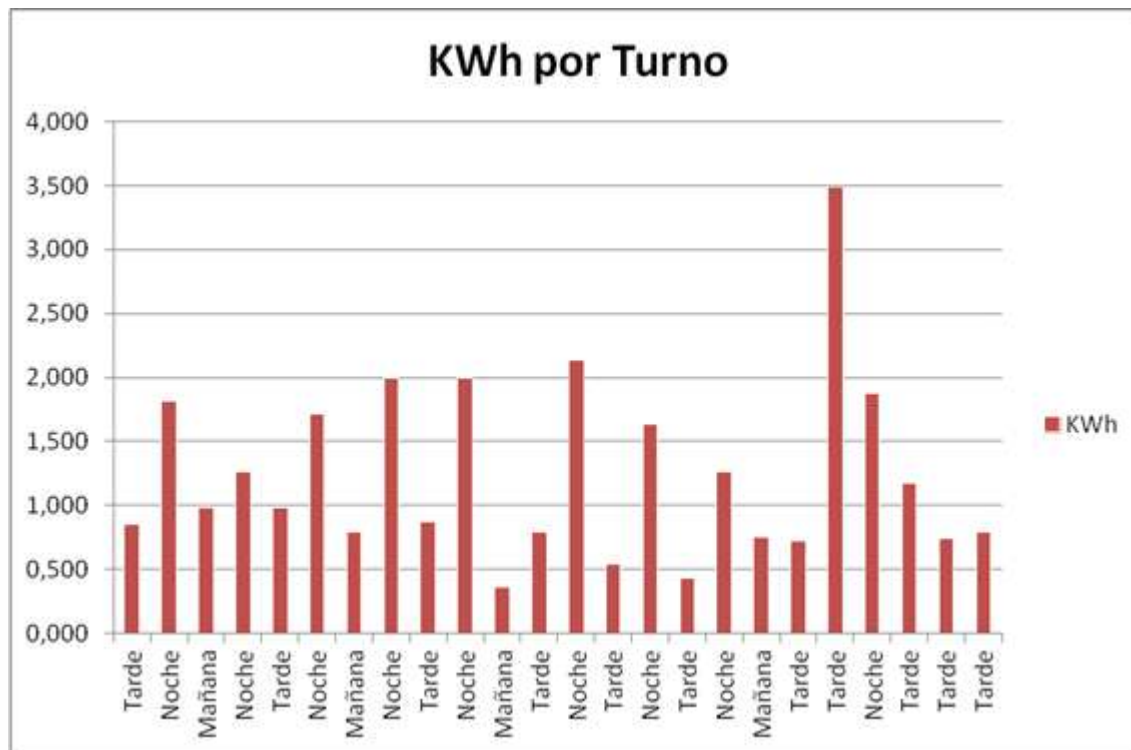


Figura 5 Potencia consumida por turnos- Periodo 2

3.2 Avance de la segunda etapa

El relevamiento sobre los hábitos de consumo de los trabajadores, se realizó a partir de entrevistas con el personal y sobre horarios de trabajo y de limpieza. Es crucial identificar aquellas pautas de comportamiento que deben de ser modificadas para evitar consumos innecesarios de energía.

A partir del relevamiento de datos de equipos, de consumo, y de uso se propone un plan de acción con puntos de mejora acompañada de campaña de concientización, con cartelera.

A medida que se avance con la finalización de las dos primeras etapas se propondrán nuevas acciones de mejora.

3.2.1 Mejoras propuestas sobre hábitos de consumo

Del análisis del relevamiento sobre los hábitos de consumo de los trabajadores se detectaron acciones de mejora, encaminadas al ahorro energético y monetario de la institución, así como al cuidado ambiental; proponiendo lo siguiente:

- Apagar y desconectar equipos que no se encuentren en uso (computadoras, monitores, impresoras, microondas, etc.)
- Apagar *stand by* de equipos
- Apagar luminarias y procurar aprovechar al máximo la luz natural.
- Desconectar dispensadores de agua por la noche.
- Activar el "modo de ahorro" de los dispositivos que lo permitan

3.2.2 Indicadores

Al desarrollar indicadores energéticos se pretende mostrar dónde pueden efectuarse ahorros de energía. Además de proveer información sobre las tendencias respecto al consumo histórico de energía, los indicadores de eficiencia energética pueden también ser utilizados en la predicción de la demanda futura de energía.

- Potencia instalada por superficie: 0,1167 kW/m²
En el sector de prueba piloto
- Potencia instalada en iluminación por superficie: 0,0071 kW/m²
En el sector de prueba piloto
- Consumo de energía de los equipos eléctricos por superficie al año - kWh/m²

4. CONCLUSIONES

A partir de la medición de potencias, se comenzó a establecer la línea de base, para monitorear el consumo. Es notoria la baja en el consumo entre las diferentes estaciones ya medidas, primavera e invierno.

Con el estudio de hábitos de consumo, se detectó que el personal no hace un buen uso del equipamiento eléctrico y electrónico. Por lo que se propone realizar una campaña de concientización acerca del uso racional y eficiente de la energía.

El inventario de equipos permitió conocer los datos técnicos más relevantes. Se tomó la decisión del recambio de luminarias, por tecnología LED, además de darle menos consumo a la instalación, permite la actualización del equipamiento.

Se continuará por este camino, avanzando con las diferentes actividades planificadas en las etapas. El ahorro en el consumo energético reflejado en la factura de pago, será un factor crítico de éxito.

Mediante un análisis de recupero de las inversiones, se determinará la viabilidad del proyecto y se evaluará su extensión a toda la institución.

5. REFERENCIAS.

- [1] Baragatti, Alicia .. [et al.]; editado por Daniel Pasquevich. (2016) .*Hacia el uso racional y eficiente de la energía en la Administración Pública Nacional*. 1a ed .-Buenos Aires: Comisión Nacional de Energía Atómica- CNEA. ISBN 978-987-1323-47-0
- [2] Bodelon, Esteban .. [et al.] (2006). *Escenarios Energéticos para la Argentina (2012-2030) con políticas de eficiencia*. Fundación Vida Silvestre Argentina.
- [3] WWF. (2008). *Guía de ahorro y eficiencia energética en oficinas*. World Wildlife Fund. España.
- [4] Decreto 140/2007. Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía. *Guía para el uso eficiente de la energía en edificios y dependencias públicas*. Jefatura de Gabinete de Ministros

Los Campus Universitarios y su realidad metabólica. Caso UNGS - Universidad Nacional de General Sarmiento

Autor: Abrevaya Claudio Marcelo

*Instituto de Industria - Universidad Nacional de General Sarmiento
Juan M. Gutiérrez 1150 (B1613GSX) - Los Polvorines - Provincia de Buenos Aires
(54 11) 4469 7556 - e-mail: cabrevay@ungs.edu.ar*

RESUMEN

Las actividades de un Campus universitario generan un impacto ambiental endógeno en su comunidad y exógeno en su entorno social. Al igual que una empresa, una vivienda o una estructura, demandan energía, materiales, agua y generan impactos que deben ser conocidos y comprendidos a través de un metabolismo de flujo energético y de materiales.

El poder detectar y reconocer científicamente factores "clave" como ser consumo de recursos y de servicios, uso cuidadoso de insumos, generación de desechos y residuos, entre otros, permitirá con criterios de sostenibilidad diseñar acciones de mitigación y regulación de impactos adversos y a su vez identificar eficiencias e ineficiencias en el uso de cada uno de los recursos involucrados.

Ensayando un análisis metabólico integral de indicadores de huella ecológica, de carbono, de materiales e hídrica se podrá contribuir a través del desarrollo de esta investigación, a brindarle a las instituciones universitarias un diagnóstico ambiental ordenado y un mapa de flujos y de ruta, que fortalezca sus sistemas de gestión de seguridad, de salud y de medioambiente.

Sólo seis universidades nacionales reconocen contar con un sistema de gestión ambiental.

Los objetivos y metas finales del presente estudio sobre la situación ambiental se centran en que a futuro con estos resultados todas las universidades que lo deseen puedan prevenir organizadamente la contaminación de la población, y puedan garantizar el desarrollo sin debilidades de tareas de docencia, de investigación y de gestión bajo parámetros seguros y decentes.

Ello contribuye a alcanzar estándares internacionales vinculados con el manejo de los Campus Universitarios en la lógica de la sustentabilidad ambiental, la eficiencia energética y el manejo de materiales, todos vinculados a la comprensión de su funcionamiento metabólico y bajo la perspectiva de orientarse como un Ecocampus.

El estudio de caso se focalizará en el Campus de la Universidad Nacional de General Sarmiento.

Palabras Claves: Sustentabilidad – Análisis Metabólico – Gestión Ambiental - Impactos

ABSTRACT

The activities of a university Campus generate an endogenous environmental impact in its community and exogenous in its social environment. Like a company, a house or a structure, they demand energy, materials, water and generate impacts that must be known and understood through a metabolism of energy flow and materials.

The ability to detect and scientifically recognize "key" factors such as consumption of resources and services, use of care of inputs, generation of waste and residues, among others, will allow sustainability criteria to design mitigation actions and regulation of adverse impacts and in turn identify efficiencies and inefficiencies in the use of each of the resources involved.

Rehearsing a comprehensive metabolic analysis of indicators of ecological footprint, carbon, materials and water can be contributed through the development of this research, to provide university institutions with an orderly environmental diagnosis and a map of flows and route, to strengthen safety, health and environmental management systems.

Only six national universities recognize an environmental management system.

The final objectives and goals of the present study on the environmental situation are focused on that in future with these results, all universities that so wish can organically prevent pollution of the population, and can guarantee the development without weaknesses in teaching, research and management under safe and decent parameters.

This contributes to reach international standards related to the management of University Campuses in the logic of environmental sustainability, energy efficiency and materials management, all linked to the understanding of its metabolic functioning and under the perspective of orienting itself as an Ecocampus. The case study will focus on the Campus of the UNGS.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 MARCO GENERAL

Las actividades cotidianas de un Campus universitario generan un impacto ambiental endógeno en su comunidad y exógeno en su entorno social.

Es menester destacar que tanto la Universidad, como una empresa, una vivienda, una organización, una estructura o una ciudad demandan entre otros insumos energía, materiales y agua, y generan recursos, efluentes, desechos o impactos que deben ser conocidos y comprendidos a través de un metabolismo de flujo energético y de materiales.

El poder detectar y reconocer científicamente factores “clave” como ser consumo de recursos y de servicios, insumos, generación de desechos, residuos y/o efluentes, entre otros, permitirá con adecuados criterios de sostenibilidad diseñar acciones de mitigación y regulación de impactos adversos, y a su vez identificar eficiencias e ineficiencias en el uso de cada uno de los recursos involucrados [3].

Este trabajo pretende determinar e identificar escenarios no deseados que permitan aportar conocimientos y procedimientos de gestión integral para el desarrollo sustentable en cuestión ambiental. Así mismo permitirá intervenir y construir estrategias reparatorias.

Cabe señalar que las escasas instituciones de educación universitaria que han transitado por estas líneas han logrado iniciar algunas acciones de mejora en el sistema global [13].

Además del estudio sobre experiencias de otros países el objeto de estudio de esta investigación en particular comprende el análisis de situaciones locales y de sus alcances.

1.1.1 SITUACIÓN INTERNACIONAL

En los últimos años se está avanzando en considerar las preocupaciones que las instituciones de educación superior tienen respecto a los problemas ambientales y de insostenibilidad. El paraguas de la responsabilidad social o socio ambiental, ha relanzado las actuaciones universitarias en estas materias, las cuales venían formando parte de la agenda institucional de las universidades de la región desde la Conferencia de la ONU sobre Medio Ambiente y Desarrollo de Río 92.

En 2012, con motivo de la revisión de los principios emanados en Río veinte años atrás, representantes de 25 redes de universidades a nivel mundial elaboraron y aprobaron de forma conjunta un documento que definía una serie de estrategias para desarrollar compromisos específicos con la sostenibilidad en las instituciones de educación superior: The People's Sustainability Rio+20 Treaty on Higher Education: Engaging communities of learning in change for sustainability. Este documento define una serie de compromisos a corto, medio y largo plazo que facilitan el replanteamiento del papel que las universidades pueden desempeñar en la transición hacia una sociedad más sostenible. Entre sus líneas estratégicas se encuentra la promoción de la evaluación de las políticas de sostenibilidad que están llevando a cabo las universidades en distintas regiones del mundo.

En diciembre de 2013 se celebró el Primer Foro Latinoamericano de Universidades y Sostenibilidad, en Viña del Mar (Chile), convocado por la Alianza de Redes Iberoamericanas de Universidades por la Sustentabilidad y el Ambiente (ARIUSA), la Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe (RFA-ALC) y el Capítulo Latinoamérica de la Alianza Mundial de Universidades sobre Ambiente y Sostenibilidad (GUPES-LA). Este importante evento fue organizado por la Universidad de Valparaíso, a través de su Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales, y contó con la participación de representantes (directivos, funcionarios, profesores, investigadores y estudiantes) de 45 universidades, 19 redes universitarias ambientales, 3 organizaciones de Naciones Unidas y 2 asociaciones universitarias que operan en la región. En total asistieron 170 personas, provenientes de 14 países: Chile, Argentina, Brasil, Perú, Colombia, Venezuela, República Dominicana, Cuba, Panamá, Costa Rica, Guatemala, México, España y Kenia.

En esta reunión se constató que las universidades iberoamericanas han evolucionado y dado pasos muy firmes para incorporar criterios ambientales y de sustentabilidad en la docencia, en la investigación, en los sistemas de gestión y en las políticas institucionales tanto internas como de vinculación con la sociedad. La gran diversidad de estos abordajes y prácticas en las universidades latinoamericanas hace imposible identificar un solo modelo de ambientalización o sostenibilización universitaria en la región. Este encuentro sirvió para la puesta en marcha del proyecto de la Red de Indicadores de Sostenibilidad Universitaria (RISU).

1.1.2 REALIDAD NACIONAL

En nuestro país existen algunas redes interuniversitarias que funcionan con relación a cambio climático, gestión ambiental, y que desde distintas áreas son llevadas adelante en el contexto de que la universidad, como institución generadora de formación y creadora de opinión, tiene una importante responsabilidad ambiental, por lo que no podía ser ajena a este llamamiento.

A través del Consejo Interuniversitario Nacional - CIN, consciente de la importancia del tema que se está tratando, se constituyó hace más de una década una Subcomisión específica integrada por representantes de las Universidades nacionales - UUNN con competencia en los temas de Gestión ambiental e higiene y seguridad del Trabajo, dando participación a las iniciativas de desarrollo sustentable que en las diferentes Universidades se producían.

Desde esa Subcomisión y a pedido del Comité Ejecutivo, se organiza todos los años las jornadas de Salud y Seguridad en los ámbitos de la Educación Superior, y desde hace cuatro años talleres internacionales de Gestión Ambiental, que nacieron como una respuesta a la necesidad de ampliar la convocatoria, que desde el CIN se realizaba a los responsables de Salud y Seguridad de las Universidades.

En este ámbito se detectó la necesidad de la integración de los investigadores, docentes, titulares de cátedras, alumnos, representaciones gremiales, las instituciones que hacen al quehacer universitario, como el Ministerio de Educación, el MINCyT, la Agencia de Promoción, el CONICET, la CONEAU, etc., en un espacio de debate, de reflexión y de propuestas, donde pudiera canalizarse las iniciativas que todo el mundo académico podría efectuar.-

De esos encuentros nacieron propuestas, como el Plan Nacional Ambiental, en ejecución en estos momentos, que a través de talleres de formador de formadores, tiende a formar gestores ambientales en las universidades y surgió la necesidad de trabajar sobre la infraestructura universitaria, por ser ésta uno de los puntos más importantes en la gestión interna y totalmente dejada de lado por diversos factores.

La nueva realidad tarifaria impuso en la mesa de debate las construcciones y el funcionamiento de la infraestructura universitaria y a la necesidad de dar una respuesta a la optimización energética.

Los convenios en este sentido que se llevan adelante con la Secretaría de Energía y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, en trabajar en forma conjunta en la eficiencia energética y el desarrollo sustentable, también fueron un punto de inflexión en la necesidad de organizar propuestas concretas y durables en el tiempo.

1.1.3 DIAGNÓSTICO

Ante la necesidad de conocer la realidad del sistema universitario con relación a la gestión universitaria de la biocapacidad sustentable pude colaborar en la organización específica de una encuesta desde el Módulo de Gestión de Encuestas del Sistema de Información Universitaria - SIU perteneciente al CIN [6].

Para lograr un diagnóstico fundamentado y a efectos de tener datos fehacientes que nos permitieran concretar esta investigación se organizaron 79 indicadores que consultaron sobre distintas dimensiones de la realidad de sustentabilidad y las huellas de los campus universitarios.

La encuesta en detalle se organizó en siete Títulos, a saber:

- a. Datos generales: Con 12 dimensiones establecidas
- b. Medio ambiente y sustentabilidad: Con 19 dimensiones establecidas
- c. Campus y urbanismo: Con 13 dimensiones establecidas
- d. Infraestructura universitaria: Con 19 dimensiones establecidas
- e. Calidad ambiental interior: Con 8 dimensiones establecidas
- f. Movilidad: Con 8 dimensiones establecidas
- g. Opinión

A su vez la estructura de preguntas permitió dividir esas siete secciones en otras partes, de tal manera de poder llegar a la mayor cantidad de información con un sistema no complicado de responder.

Hay que tener en cuenta y es importante recordar que todo el sistema universitario tiene casi 4,5 millones de m² cubiertos, compuesto por cerca de 3100 edificios de todo tipo (patrimoniales, históricos, arquitectónicos, o monumentales) de variadas funciones (hospitales, hospitales veterinarios, escuelas primarias y secundarias, guarderías, laboratorios de investigación, galpones de depósitos y de producción, radios, campos, bibliotecas, hospitales odontológicos, aulas,

museos, bares y lugares de expendio de comidas, comedores universitarios, albergues estudiantiles, etc), y de variadas divisiones (administrativas, de investigación, de extensión, académicas, etc.).

La cantidad de personal universitario docente y no docente de las universidades mencionadas, ascienden aproximadamente a las 60 mil personas y con 660 mil alumnos, disponiendo de un total de casi 280 facultades e institutos.

De la totalidad de instituciones de educación superior sólo seis universidades reconocen contar con un sistema de gestión ambiental aunque en varias se investiga sobre temas ambientales.

1.2 CAMPUS UNIVERSITARIOS

Los campus y sus edificios están exclusivamente destinados para uso de la comunidad universitaria. Suelen existir en estas áreas urbanas espacios verdes que no son aprovechados por el entorno, ni se forjan lazos con la comunidad para el uso social de los mismos, garantizando así una sustentabilidad del campus, más allá del uso universitario.

Esos lazos deben ser producto del saber universitario con el medio social o entorno que la contiene, en línea con los lineamientos que la educación universitaria se está planteando hoy en día.

1.2.1 Implantación Histórica y Patrones

Una vez otorgados los terrenos a las universidades, éstas comenzaron a construir sus edificios de acuerdo a sus necesidades, que contemplaban la ejecución de obras donde se asentaban las primeras facultades o institutos [7].

A medida que iban surgiendo nuevas unidades académicas, en general se proyectaban los edificios para cubrir esas necesidades, y se detecta que las construcciones se implantaban sin seguir un plan estratégico de ocupación territorial.

Esto trajo aparejado la aparición de espacios verdes, sin uso específico, simplemente como separadores de distintas funciones. En algunos casos estos espacios verdes de los campus son directamente residuales y degradados.

Esto también sucede con las del área metropolitana, aunque en menor medida, ya que son readecuaciones de superficies existentes y las condicionantes son mayores,

Se podría definir como dispersión, a la distribución de los edificios dentro de la superficie del los campus donde no valen las concepciones del armado de la ciudad, se rompen, tienen sus propios códigos y determinan sus propias normas.

Cuando se analiza la cuestión territorial de las universidades, se observa que existen patrones claramente identificados y compartidos por todos, como ser los relacionados con el uso y manejo del territorio, con campus y edificios insertos en las ciudades, los culturales identificando siempre a la educación superior, los del uso y manejo del suelo, con construcción dispersa dentro de los campus, los constructivos, compartiendo sistemas y tecnologías de construcción e imagen “académica”, y los ambientales, aunque en este último caso es por omisión más que por acción.

1.2.2 Interfases

En el análisis de los bordes de las universidades con su entorno, también se observa una gran similitud entre ellas donde las interfases físicas son abruptas, con límites y en algunos casos con cerramiento específico, donde se produce el intercambio ya dentro de los espacios, que estos límites que existen, impiden el acceso de la sociedad, de la producción, del barrio, a pesar de que hemos visto, que una universidad del futuro esto debe ser parte .

Salvo visuales, no se detectan otros tipos de conexiones. Sí se observan en cuanto a las interfases sociales donde vemos la universidad sustentable, las transferencias científicas, académicas y productivas, las deportivas y en algunos casos ambientales.

Lo que se observa es que estas interfases no se producen en los campus, con lo que deja al descubierto su falta de sustentabilidad, ya que son porciones de territorio sin uso, solo estacionamientos, y en algunos casos espacios verdes.

Se detectan que hay muchas situaciones y/o acciones, individuales, voluntarias y esporádicas, en casi todas las universidades, que tratan de superar esta situación, pero todas son acciones de índole culturales. Pero no existe como resultado de una acción o decisión política universitaria.

Dentro del campus no valen las concepciones del armado de la ciudad, se rompen, tiene sus

propios códigos, sus propias normas, alguna en contradicción con las vigentes.

No se observa una integración urbanística, en el tramado circulatorio, o las funciones que se desarrollan allí que podrán llegar a considerarse como interfaces [7]

2.1 DESARROLLO

2.1 Universidad Nacional de General Sarmiento

Concretamente, además de un estudio pormenorizado de la realidad metabólica de los campus universitarios, el estudio propuesto, se lleva a cabo tomando el caso del Campus de la Universidad Nacional de General Sarmiento - UNGS. La investigación reconoce las características peculiares de las universidades desde sus culturas, tamaños, sistemas de gestión y dinámicas institucionales. Este trabajo aportará nuevos conocimientos a partir de la especificidad, pero a la vez, profundizando y ampliando la resignificación de aspectos teóricos, enmarcados en el área de la ingeniería ambiental. Se sumarán la incorporación de variables de la ingeniería de gestión en aspectos relacionados con el control de insumos, el reconocimiento de energías utilizadas y desechos producidos, y la concientización de las personas, entre otros.

Asimismo, el proyecto aportará la visión ingenieril integrada al análisis metabólico de la huella ecológica, de carbono, de materiales e hídrica y podrá contribuir a brindarle a una institución universitaria un diagnóstico ambiental ordenado y un mapa de flujos y de ruta, que fortalezca sus sistemas sostenibles de gestión de seguridad, de salud y del medioambiente.

Es deseable que a futuro las universidades, en especial la UNGS, puedan prevenir organizadamente la contaminación de la población, pero además y fundamentalmente, puedan aportar a la construcción de un modelo de desarrollo que contemple Sistemas sustentables de "Gestión Ambiental" y de "Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional".

Ello ayudará a garantizar el desarrollo optimizado de tareas de docencia, de investigación, de transferencia y de gestión bajo parámetros seguros y decentes, contribuyendo a alcanzar estándares internacionales vinculados con el manejo de los Campus Universitarios.

Estos principios basados en la lógica de la sustentabilidad ambiental, la eficiencia energética y el manejo de materiales se vinculan hacia la comprensión de su funcionamiento metabólico y bajo la perspectiva de orientarse como un "Ecocampus".

La Universidad debe vincular todas las actuaciones en materia ambiental dentro de su campo de acción. Esto implicaba incidir en dos vertientes muy concretas: por un lado actuar como medio difusor de conocimientos acerca de la problemática del medio ambiente a nivel global y, por otro, aportar soluciones a los impactos ambientales locales, derivados de la propia actividad universitaria.

Es importante que instituciones como las Universidades inicien procesos de Gestión Ambiental en sus espacios de intervención, orientando las actividades universitarias hacia el desarrollo sostenible; ello pretende que las comunidades universitarias asuman un compromiso ambiental.

Además es necesario que exista una responsabilidad social por parte de las instituciones universitarias consecuente con su papel de espacio de conocimiento, investigación y docencia.

La universidad debiese vincular todas las actuaciones en materia ambiental dentro de su campo de acción.

Ello implica, como ya fue arriba adelantado, incidir como medio difusor de conocimientos acerca de la problemática medio ambiental, aportando soluciones a los impactos ambientales locales derivados de la propia actividad universitaria [5].

Es por ello que el presente proyecto de investigación intenta responder y satisfacer las necesidades sistémicas sustentables de los "Campus" y en especial el de la UNGS como "modelo espacial deseable, contenedor y articulador" de distintas actividades (investigación, formación, extensión, deportes, arte, etc.) inserto, en este caso en particular, en el conurbano bonaerense.

Cabe acotar que distintas actividades de extensión con la sociedad se desarrollan en el interior del propio campus.

Sintéticamente se hace referencia que el "campus urbano" de la Universidad Nacional de General Sarmiento está situado en el noroeste del Gran Buenos Aires, ubicado en la localidad de Los Polvorines, partido de Malvinas Argentinas. Es uno de los 135 Partidos del mencionado conurbano bonaerense, fue creado en 1995 y está ubicado en el sector noroeste del segundo cordón de la Región Metropolitana. Por su parte conforma el bloque de 24 municipios que junto a la CABA forman el Área metropolitana. Se ubica aproximadamente a unos 30 km de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires - CABA.

Dicho municipio posee una cobertura inferior al 18% de servicios de agua potable y tan sólo el 10% de servicio de cloacas por red (Censo 2010).

En dicho campus universitario se encuentran los cuatro institutos que componen la universidad (en la UNGS no existen las Facultades) donde se dictan todas las carreras de pregrado, grado y posgrado.

Posee laboratorios de Física, Química, Ecología, Sistemas y de Ingeniería. También de Información Geográfica y de Comunicaciones proyectándose a mediano plazo el incremento de los mismos en nuevos edificios.

Se sitúa sobre un predio verde existente que originalmente contaba con sólo un casco se fueron levantando edificios y equipamientos en diversos sectores respondiendo a un diseño urbanístico integrado intentando prevenir la dispersión y el respeto por el entorno espacial verde, por su suelo y por las numerosas especies nativas.

Además la UNGS tiene un “Centro Cultural” con un “Museo Interactivo de Ciencia y Tecnología” ubicado en la Ciudad de San Miguel donde fue creada en 1993 (Ley Nacional PLN N° 24082, Boletín Oficial N° 27411) en una etapa de expansión y diversificación de las instituciones de educación superior. En las ciudades de Moreno y de San Fernando posee sedes.

La actual población universitaria supera las 12000 personas entre personal docente, no docente y estudiantes.

3. OBJETIVOS

En este contexto, el objetivo general del presente trabajo investigativo es desarrollar un futuro manejo sustentable de los recursos y energías en el Campus de la UNGS.

Los objetivos específicos son:

- a) Conocer a nivel nacional la cultura, la política y los hábitos institucionales en la materia a través de indicadores clave de sustentabilidad;
- b) Identificar y analizar los diferentes usos que se hace de los recursos;
- c) Identificar carencias ambientales y de seguridad, generales, particulares y peculiares;
- d) Diagnosticar debilidades ambientales y situaciones de peligro y/o riesgos existentes en las UUNN;
- e) Aportar específicamente a un modelo sistémico de desarrollo y crecimiento sustentable de la institución universitaria, con base en la generación de un plan de acción específico que incluya todas sus prácticas y sus funciones organizativas para asegurar y mejorar las condiciones de relación con toda su comunidad;
- f) Caracterizar la gestión actual y escenarios futuros

Desde lo institucional, en particular para la UN GS, se espera que este trabajo contribuya asimismo a abrir nuevas líneas y áreas de investigación que fortalezcan la formación de recursos humanos en institutos de investigación y en carreras como las de “Ecología Urbana”, “Urbanismo” e “Ingenierías”.

En esta investigación será sumamente relevante, con la universidad percibida como “entidad biofísica” [12], captar vinculaciones e interacciones entre las citadas dimensiones ambientales, las condiciones en que fueron tomadas las decisiones relevantes, los actores sociales que las tomaron y cuáles fueron sus consecuencias.

La Universidad Nacional de General Sarmiento actualmente no cuenta con sistemas de gestión formales de “Ambiente” ni de “Seguridad y Salud Ocupacional”.

Sólo aparecen algunos focos voluntarios tendientes a mejorar las condiciones de trabajo y de vida de la comunidad y algunos institutos y áreas con certificaciones de “Calidad Educativa” acorde a la normativa internacional ISO 9001 y la nacional IRAM 30000.

4. ABORDAJE METODOLÓGICO

En la presente investigación se emplea estratégicamente una metodológica de carácter cuali-cuantitativo basada en encuestas cerradas enviadas a la totalidad de las UUNN del país y el mencionado estudio de caso.

Se triangulan fuentes y resultados; empleando diferentes instrumentos (complementando análisis cuanti y cualitativos), e involucrando los distintos actores e informantes clave de instituciones del sector educativo universitario nacional.

La investigación se orienta desde una perspectiva teórico-metodológica para ayudar al reconocimiento de las problemáticas planteadas y permitir avanzar hacia un nivel de

conceptualización mayor a partir de la integración de variadas observaciones, fuentes de datos y metodologías.

El lugar de trabajo es el Instituto de Industria perteneciente a la Universidad Nacional de General Sarmiento, contando con infraestructura y recursos que satisfacen las necesidades demandadas por la elaboración del presente trabajo. El Instituto del Conurbano también permite interactuar con profesionales, conocimientos y materiales acordes a las instancias de investigación previstas.

5. CONCLUSIONES

5.1 Generales

Se verifica como resumen de las encuestas [6], muy importante la cantidad de institutos, centros o cátedras dedicadas al tema estudiado, pero que no integran un plan estratégico o de gestión de la universidad. Son propuestas individuales de cada sector. Lo mismo sucede con la extensión universitaria.

Entre los puntos débiles se encuentran la ausencia de planes de gestión ambientales en las universidades públicas, que sólo un 19% lo tiene; y como puntos fuertes la gran cantidad de institutos, centros de investigación y programas de extensión universitaria dedicados al tema, factibles de ser incorporados permitiendo indicadores mensurables, en el sistema de gestión ambiental a proponerse.

Referido al tema "Ambiente y sustentabilidad" se observa que la gran mayoría no tiene declaraciones de políticas en sus planes reguladores o por lo menos no lo han expresado, apuntalada esta conclusión por el bajo conocimiento de los indicadores de sustentabilidad universitario y por ende por la casi nula ejecución de algunos de ellos. La no aplicación de estos indicadores, básicos para saber el avance de obra en la gestión sustentable, nos indica la ausencia de una gestión sustentable universitaria, entendiéndose a ésta como una política de las autoridades.

Entre los puntos débiles de esta temática tratada se encuentra que sólo un 16% tiene normativa y declaraciones de políticas de sustentabilidad; sólo el 22% conoce de los indicadores de sustentabilidad, sólo un 9% ha realizado la huella de carbono/ecológica de su universidad, observándose un bajísimo nivel de uso de las herramientas, sólo un 16% ha realizado cursos de gestión ambiental (es realmente importante el nivel de desconocimiento y acción) y un 9% tiene un sistema de recuperación de aguas grises o de lluvias.

Por su parte entre los puntos fuertes se puede mencionar que un 53% tiene algún programa de tratamiento de residuos y que un 50% está inscripta en algún registro de generadores de residuos. Además es alto es el porcentaje de campus que tienen servicios de cloacas y agua potable.

Respecto a la evaluación urbanística se puede resaltar que esta dimensión pretende evaluar a los campus universitarios en relación con la integración a su entorno, desde el punto de vista de la responsabilidad social universitaria y de infraestructura urbanística.-

Da idea del potencial existente a partir del tipo de campus que cada universidad tiene, por ejemplo, aquellas que poseen: 1) edificios en la trama urbana (generalmente edificios histórico-artísticos, catalogados y protegidos, y con grandes requerimientos para su conservación y acondicionamiento para la actividad universitaria); 2) campus integrados en el casco urbano (se entiende como un conjunto de edificios universitarios, en una zona delimitada, aunque integrada dentro de la trama urbana); 3) campus aislados, ciudades universitarias en las afueras de las ciudades.

Como debilidad se cita que solo el 13% usa los campus como laboratorios ambientales, que sólo un 25% considera que sus campus son modelos ambientales, que un 53% de las universidades no usa el campus como base de contacto con la sociedad y que un 41% no este integrado al sistema de espacios verdes de las ciudades.

Por el lado de las fortalezas se puede indicar que gran cantidad de campus existen en el medio urbano. El 91% tiene edificios distribuidos por el radio urbano, sin conformar un campus.

Referido a la Infraestructura el estudio concluyo que existen pocos conocimientos de los diversos temas de la sustentabilidad de la infraestructura con relación al diseño, construcción y vida útil; y que hay ausencia de planes de gestión de mantenimiento preventivo y de uso de edificio

En poca medida y parcialmente la totalidad de las universidades está trabajando en estos temas, lo que presenta un buen punto de partida.

La calidad del ambiente interior, esta en vías de controlarse, mediante las mediciones que hacen las universidades y los elementos que usan para el control de dichas condiciones. El hecho de que

casi no existen ambientes sin luz natural y que cuentan con un mínimo confort de las áreas que si lo disponen, es evidentemente positivo, pero deberá verificarse en posteriores estudios el equipamiento de las instalaciones de calefacción, refrigeración y su eficiencia energética.

Por último, en base a las respuestas recibidas en la dimensión “movilidad” se puede concluir que un 81% manifestó que poseen estacionamientos internos, aunque sean en forma parcial y sólo un 16% expresó que alienta o entrega bicicletas.

Tal diferencia está indicando que no existe una política de movilidad sustentable en la mayoría de las universidades que accedieron a la encuesta.

Por lo tanto como conclusiones generales basadas en las expresiones individuales se puede arribar a lo siguiente:

- Existe un gran desconocimiento de la problemática ambiental por parte de las universidades
- No existen planes ni capacitación específica para solucionar estos temas
- Existe una gran confusión sobre cuál es el camino metodológico a seguir para una gestión acorde a la realidad universitaria
- No hay programas de eficiencia energética, tanto en la etapa constructiva como en la de funcionamiento, ni se cuenta con procedimientos de reconocimiento/reducción del consumo energético
- Lo mismo sucede con la calidad ambiental interior de la edificación y la movilidad de casi nula actuación
- Los campus y el urbanismo universitario no escapan a los problemas que estamos mencionando
- Las opiniones fueron, en general coincidentes en solicitar conocimientos y capacitaciones para el armado de un programa que nos permita actuar localmente en cada universidad.

En consecuencia e integrando las conclusiones descriptas, este trabajo ayudará: a) a diagnosticar específicamente los problemas metabólicos ingenieriles existentes en las UUNN; b) a recomendar las soluciones criteriosas y pertinentes para toda la comunidad universitaria nacional; y c) a aportar insumos específicos como para definir a futuro en el campus de la UNGS una política institucional integral y sustentable en el ámbito ecoambiental [14], y a diseñar un plan de acción coherente y sostenible.

5.2 Particulares - UNGS

Del mismo modo se puede acotar que específicamente la UNGS presenta, al igual que la mayoría de las demás instituciones, una gran debilidad en materia ambiental. No se tiene gestionada las energías consumidas ni los insumos empleados. Tampoco se contemplan materiales sustentables en la conformación de sus edificios ni procedimientos de ahorro de las energías utilizadas.

Se cuenta con una planta de tratamiento de efluentes y se está inscripto como generador de residuos ante el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible – OPDS de la Provincia de Buenos Aires. Se tiene drogueros, depósitos normalizados de residuos líquidos y además existe en funcionamiento un sistema incipiente de generación, disposición inicial, separación y recolección de residuos sólidos urbanos.

Por consiguiente, finalizado este trabajo se procederá a proponer a la universidad un Sistema de Gestión Ambiental que colabore con el respeto del marco normativo legal en materia ambiental y el reordenamiento endógeno del conocimiento metabólico sustentable de los indicadores en cuestión para adecuar los balances costos – beneficios.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abrevaya Claudio, 2010, “Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional en PyMes y su relación con la Gestión de Calidad”, UNGS., Buenos Aires, Argentina
2. Álvarez López, 2009, “Metodología para el Cálculo de la huella ecológica en universidades”, España
3. Chávez Quispe, Víctor, 2002, “La educación superior frente al dilema del desarrollo sustentable y la globalización”, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia
4. Cárdenas Pais Carolina (2007), “La huella ecológica de la UGR”, Madrid, España.
5. Domenech J.L. (2009), “Huella ecológica y desarrollo sostenible”, Madrid, España
6. Consejo Interuniversitario Nacional – CIN, Ministerio de Educación de la RA, 2016,

- Encuesta SIU Kolla UUNN sobre "Gestión Ambiental"
7. Fiandrino Andrés, 2009, "El contexto territorial, urbanístico y ambiental de la Universidad Nacional de La Plata", Argentina
 8. Jofre José Luis 2011, "La huella ecológica como indicador institucional de los sistemas ambientales", Mendoza, Argentina
 9. Matteucci Silvia Diana, 2006, "De la Ecología Urbana a la Urbanoecología" - CONICET-GEPA, FADU, UBA, Buenos Aires, Argentina.
 10. Martínez Alier, J. y J. Roca - Jusmet, 2000, "Economía Ecológica y Política Ambiental" - Fondo de Cultura Económica. DF, México.
 11. Martínez Alier, J. 2004, "El ecologismo de los pobres. Conflictos ambientales y lenguajes de valoración" - Icaria. Antrazyt. Flacso. Barcelona, España.
 12. Matteucci Silvia (2006), "De la ecología urbana a la urbanoecología"
 13. Pengue Walter Alberto, 2011, "Metabolismo social, recursos y sustentabilidad: el desafío del milenio", Buenos Aires, Argentina.
 14. Pengue Walter Alberto, 2009, "Fundamentos de Economía Ecológica. Bases teóricas e Instrumentos para la resolución de los conflictos sociedad naturaleza., Buenos Aires, Argentina.

Tratamiento Domiciliario de Residuos Sólidos Urbanos Orgánicos y su Análisis de Factibilidad en el entorno de CABA, Argentina

Willson, Victoria; Calcagno, Facundo Martín; Boeykens, Susana Patricia;
Caracciolo, Néstor

*Laboratorio de Química de Sistemas Heterogéneos, Departamento de Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires,
Av. Paseo Colón 850, C1063ACV, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
laquisi@fi.uba.ar*

RESUMEN

Este trabajo pretende abordar el problema de la generación progresiva de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y la decreciente disponibilidad de espacios para su deposición. Consecuentemente, el objetivo principal será analizar la viabilidad técnica, económica y financiera de la implementación de un sistema domiciliario automático y continuo de tratamiento de residuos orgánicos, aplicado a la Ciudad de Buenos Aires, Argentina. En cuanto a la metodología seleccionada, se estudiarán aspectos técnicos comprendidos por el análisis del sistema doméstico (compostador) en sus dos posibilidades de resultado: i) deposición de compost con fauna degradante por red cloacal, propuesto para departamentos, ii) generación de compost para enmienda, propuesto para casas. Luego se analizará la viabilidad de implementación en Buenos Aires a partir de estudios y mediciones de campo. Seguidamente, el estudio económico y financiero intentará comprobar un ahorro significativo para el Gobierno de la Ciudad a partir de la disminución de la fracción orgánica en residuos domiciliarios. Algunos de los aspectos económicos considerados son la definición del presupuesto susceptible de ahorro y la elección de una Tasa de Retorno Mínima Aceptable (TREMA) para calcular el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto. La conclusión principal es la verificación de viabilidad de esta implementación en Buenos Aires.

Palabras Claves: residuos orgánicos, compostaje domiciliario, lodos cloacales, co-compostaje, red cloacal.

ABSTRACT

In this work, it is intended to address the problem of Urban Solid Waste (USW) progressive generation and the decreasing spaces availability for its deposition. Based on this situation, main objective is to analyze the technical, economic and financial viability of an USW-organic-fraction-treatment home automatic and continuous system implementation, applied in Buenos Aires City, Argentina. In terms of the selected methodology, technical aspects' study will include a domiciliary system (composter) analysis in its two possibilities of final result: i) deposition through sewage net, considered for apartments, ii) compost for amendment purpose, considered for houses. Subsequently, system implementation viability within Buenos Aires from studies and field measurements. Based on technical analysis, economic and financial studies has the objective of proving the significant saving for the city government which reduction of organic waste fraction can potentially generate. In order to obtain these results, some of the considered economic aspects include the definition of the budget able to be saved, costs and utility generation since the domiciliary system implementation and choice of a Rate of Return to calculate the Net Present Value of the project. Regarding the conclusions, the main one is the verification of viability of this implementation in Buenos Aires.

1. INTRODUCCIÓN

El compostaje juega un papel importante en las estrategias usadas en la actualidad para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos (GIRSU) en muchas partes del mundo. Según han señalado Ayalon, Avnimelech y Shechter [1], en Israel, el compostaje se presenta como el medio más rentable para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Debido a que el consumo de materiales es generalmente mayor que su tasa de recuperación, la mejora en la GIRSU es fundamental para aumentar la eficiencia del uso y consumo de recursos naturales en las zonas urbanas (Uba de Andrade et al. [2]).

El compostaje doméstico no debe ser visto como una opción alternativa de tratamiento para todos los residuos orgánicos, sino como una solución complementaria en la GIRSU. El compostaje doméstico proporciona una opción flexible y de bajo costo en la gestión de residuos, facilitando el reciclaje sostenible. Sin embargo, se requiere de la participación activa de una proporción significativa de los ciudadanos en una dada área para que esta estrategia impacte en la tasa de desvío de residuos. Con ese fin, los municipios sostienen campañas de promoción del compostaje doméstico acorde al aporte de Andersen, Boldrin, Christensen y Scheutz [3].

Otras ventajas asociadas a la generación de compost a partir de RSU incluyen la mayor fijación de carbono, nitrógeno y fósforo en su estructura, la enmienda y el mejoramiento de la estructura y la textura del suelo, incrementando su retención de humedad y propiedades físicas, y disminuyendo la incidencia de patologías vegetales, favoreciendo la sustitución del uso de agroquímicos sintéticos según Hargreaves, Adl y Warman [4] y Martínez Blanco, Muñoz, Antón y Rieradevall [5].

Al intentar comprender los factores que afectan al comportamiento de los ciudadanos a la hora de separar residuos, se debe recurrir a fortalecer su concientización sobre las problemáticas ambientales, educar en la obligación moral que esto implica y centrarse en establecer la responsabilidad y un sentido de pertenencia a la comunidad para la protección del medio ambiente (Zhang et al. [6]).

Una posible herramienta aplicable para ayudar a lograr la participación activa de una proporción significativa de ciudadanos que hagan compost doméstico, es ofrecer en el mercado dispositivos eficientes de bajo costo, de tamaño reducido, y que sean suficientemente automáticos y fáciles de usar, con prestaciones asimilables a las de un electrodoméstico de uso sencillo (Falcó [7]), como el compostador sobre el cual se evalúa la viabilidad técnica y económica en el presente trabajo.

1.1. Estado de Situación

La generación progresiva de RSU per cápita y la disminución de la disponibilidad de espacios de deposición para los mismos es un problema que se da en todo el mundo (Hoornweg [8]).

Debido a esta tendencia creciente, la escasez de espacio de llenado en muchos países del mundo se combina con un gran impacto ambiental y altos costos de recolección, tratamiento y deposición de residuos para cada gobierno.

En particular, la fracción orgánica de los residuos (que en Buenos Aires representa el 40% del peso total de basura) genera algunas consecuencias al permanecer en la calle: vectores epidemiológicos, contaminación de fracción reciclable si no hay separación, y malos olores por descomposición, entre otros.

1.2. Objetivos

Ante esta situación, el objetivo principal es analizar la viabilidad técnica, económica y financiera de la implementación de un sistema de tratamiento domiciliario para la fracción orgánica de los RSU aplicando este estudio a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, donde este sistema consiste en un compostador diseñado en el Laboratorio de Química de Sistemas Heterogéneos, el cual es original y tiene características que lo diferencian del resto de compostadores que se ofrecen en el mercado. Esto representará una posible solución para quien toma las decisiones sobre la gestión de RSU en Buenos Aires, proponiendo en este caso el uso de un modelo de compostador que tomamos como ejemplo de aplicación.

Para alcanzar este objetivo, el proyecto se divide al mismo tiempo en dos áreas de estudio que estarán delimitadas por las opciones de disposición o uso final que el resultado de esta composta doméstica puede tener:

- Eliminación del compost con fauna degradante por red cloacal, que se propone para ser usada en departamentos.
- Uso del compost resultante como fertilizante para la enmienda de jardines, espacios verdes, industria agropecuaria, etc., cuyo uso se propone para casas.

La división entre estos dos grupos tiene su origen en la idea de que las casas están más relacionadas con el uso del compost como abono, ya que frecuentemente tienen un espacio verde, mientras que en un departamento no se tendría esta posibilidad. Estas dos variantes también difieren en cuanto al modo de financiamiento y los actores involucrados en cada una.

2. METODOLOGÍA

2.1 Análisis Técnico

El compostador propuesto está constituido en su interior por 3 cámaras (Figura 1): i) de alimentación (54 L), ii) de digestión aeróbica (47 L), y iii) de compostaje final (39 L).

Cada cámara tiene deflectores que evitan el deslizamiento en la rotación del compostador y contribuyen al trabajo de rectificado realizado por las placas divisorias de las cámaras. El proceso de marcha de este compostador es continuo y automático.

Para facilitar la eliminación de compost y control sobre el proceso, en la tercera cámara hay un amortiguador que incorpora una pala para la extracción del compost en cualquier momento.

Se diseñó un filtro especial situado en el punto más bajo de la tercera cámara para permitir la descarga libre de exceso de lixiviado y no capilar retenido por la mezcla.

Este compresor automático se calienta a sí mismo, por lo que no se agrega energía para mantener su temperatura y la generación mensual media de compost es de 7 a 9 kg por mes.

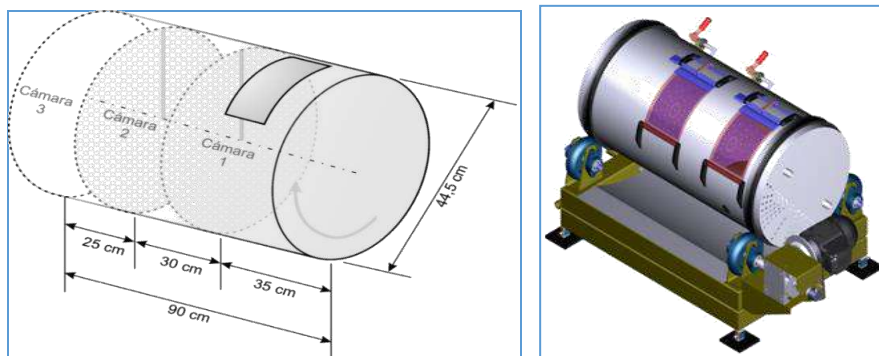


Figura 1. a) Compostador dividido en sus tres cámaras, b) modelización 3D del compostador.

El proceso de purificación de agua que se realiza en las depuradoras cloacales de la Ciudad de Buenos Aires se divide en dos partes paralelas, una donde se realiza el tratamiento de los efluentes y otra donde se trata el lodo resultante de este último (Figura 2).

En la fase de tratamiento de efluentes, el compost depositado que proviene del compostador permanecerá inerte ya que esta etapa consiste únicamente en separación física.

En la fase de tratamiento de lodos existe la posibilidad de un tratamiento anaeróbico para obtención de biogás. Otra forma de tratamiento de lodos es la aeróbica, como es el caso del compostaje, la cual es una opción altamente recomendable por su sustentabilidad, es decir, en cuanto a su impacto ambiental. En los tratamientos aeróbicos, el co-compostaje tiene un resultado positivo para el compost final, con ventajas tales como una menor generación de lixiviados, un tiempo de tratamiento más corto y una mejor calidad de abono.

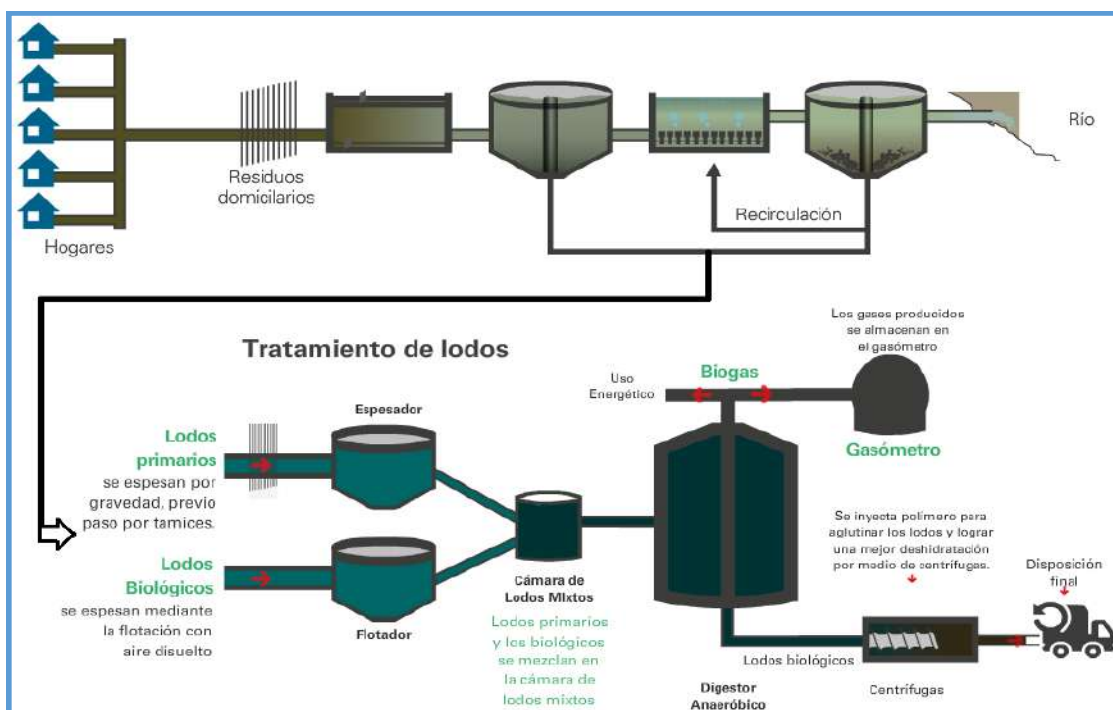


Figura 2. Etapas del sistema sanitario en Buenos Aires, Argentina.

2.2 Análisis Económico y Financiero

Este análisis pretende demostrar que el proyecto puede ser autofinanciado. El plan se presentará de manera diferente para las personas que viven en apartamentos y en casas. En el primer año de implementación se requerirá que las personas que se trasladen a nuevos edificios paguen por el compostador, que ya estará instalado en el nuevo departamento como una instalación sanitaria adicional. A partir del segundo año, también se exigirá que se coloquen en casas, a las que se propone que el Gobierno tendrá que conceder subsidios para financiar el equipo.

Para calcular el presupuesto máximo susceptible de ahorro se obtienen los valores de volumen de generación orgánica de RSU y, por tanto, el costo que supone esta generación por persona. Con estos valores y los datos estadísticos del promedio de habitantes en cada tipo de vivienda y el número total de viviendas, se obtiene el ahorro posible (Tabla 1). Esta cantidad de aproximadamente USD 38.000.000 representa el 1% del presupuesto total de la Ciudad, lo que indudablemente resulta de notable importancia para la economía local.

Tabla 1 Oportunidad de ahorro anual en Buenos Aires total según tipo de vivienda.

Tipo de vivienda	Habitantes promedio	Cantidad de viviendas	Ahorro posible (USD)
Departamento	2,35	728.833	26.585.116
Casa	3,39	202.564	11.481.489
Total			38.006.605

La propuesta incluye comenzar a implementar el proyecto en la nueva planta de edificios. Es por eso que el ritmo de la renovación edilicia necesita ser analizado. Los datos presentados (Figura 3) predicen que en 90 años no sólo se sustituirán todos los edificios de la Ciudad, sino que también habrá un 10% más de edificios que hoy en día, ya que las casas serán reemplazadas por edificios y los habitantes promedio por departamento bajarán en cantidad en el futuro. Este aspecto se estima en base a datos del Indec de los últimos Censos, en información brindada por el Colegio de Arquitectos de la Ciudad de Buenos Aires, y también se constata en el recambio edilicio producido en otras capitales mundiales.

Tabla 2 Porcentaje de recambio edilicio correspondiente a cada año transcurrido.

Años	Recambio
0	0%
10	31%
20	55%
30	70%
40	78%
50	87%
60	99%
70	105%
80	108%
90	110%

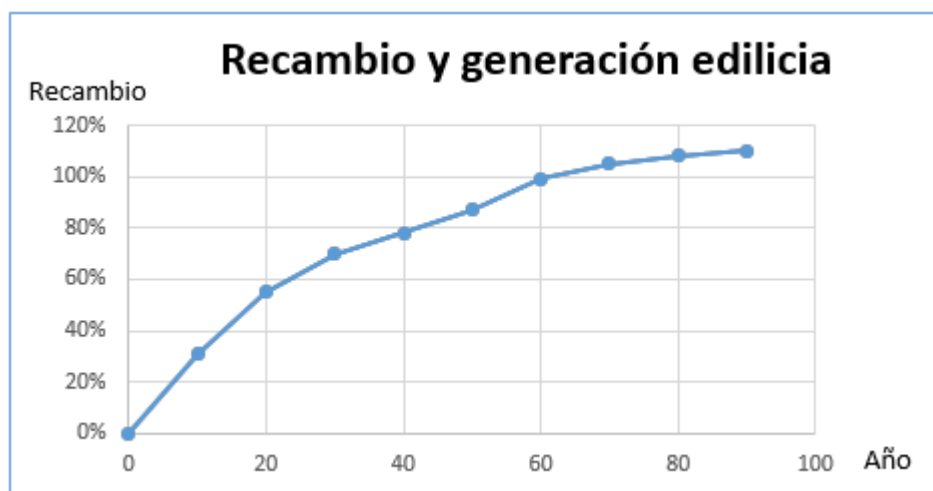


Figura 3. Ritmo de recambio y generación edilicia en Buenos Aires por año.

Luego, con el fin de modelar una curva de aprendizaje de uso del compostador por parte de la población, éste se comparó con la introducción al mercado en algunas ciudades de los Estados Unidos de la trituradora de basura no reciclable, que descarta su resultante en la red cloacal.

Para adaptar estos valores a los de este proyecto, se les aplica un índice de "castigo" de 0,95 ya que se considera que el compostador es sutilmente más difícil de manejar al tener que generar una separación incremental de residuos previa a su deposición ya que, a diferencia de la trituradora que soporta todos los residuos no reciclables, el compostador solo admite a los residuos orgánicos de este último grupo.

A partir de esta curva (Figura 4) se observa que recién después del año 4 de la adquisición del compostador por parte del individuo se puede percibir el 95% de buen uso del mismo sin llegar al 100%, lo cual resulta más verosímil que si se alcanzara este último valor.

Tabla 3 *Porcentaje de uso del compostador respecto al tiempo transcurrido desde su adquisición.*

Tiempo desde adquisición	Porcentaje de uso
Año 1	30%
Año 1,5	33%
Año 2	42%
Año 2,5	57%
Año 3	73%
Año 3,5	90%
Año 4	95%
Año 5	95%

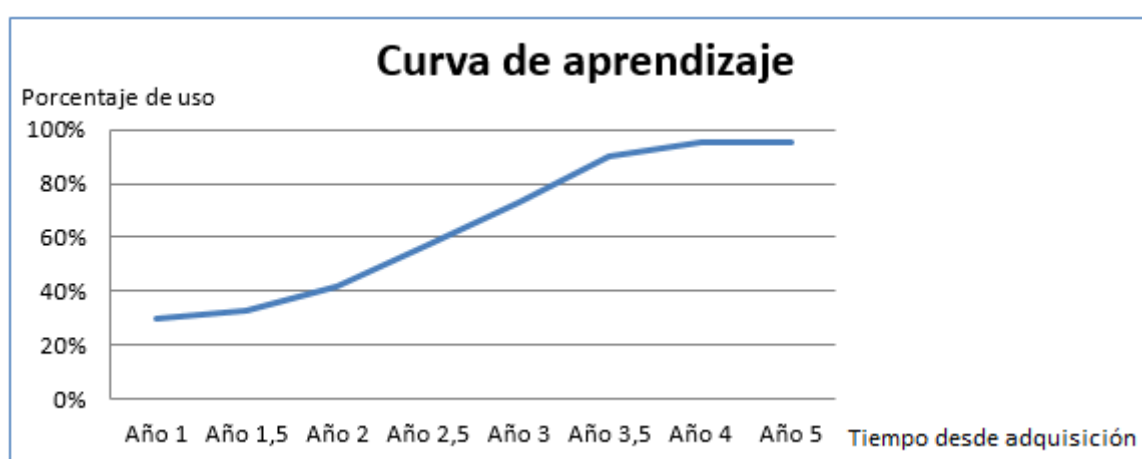


Figura 4. *Curva de aprendizaje modelizada respecto del uso del compostador por parte de los habitantes de la Ciudad.*

A continuación, los datos para generar la curva de ritmo de adquisición del compostador, se obtuvieron a partir de una encuesta realizada a habitantes de casas de toda la ciudad, tomando casos de cada barrio para obtener una muestra representativa. Se obtuvieron más de 400 respuestas efectivas. Se observa que la forma de la curva es una "S" (Figura 5), que es la forma característica de la gráfica para productos innovadores y tecnológicos.

Tabla 4 *Porcentaje de gente que posee el compostador respecto al año desde inicio del proyecto.*

Año	Adquisición
0	0%
1	2%
2	13%
3	52%
4	81%
5	97%
6	100%

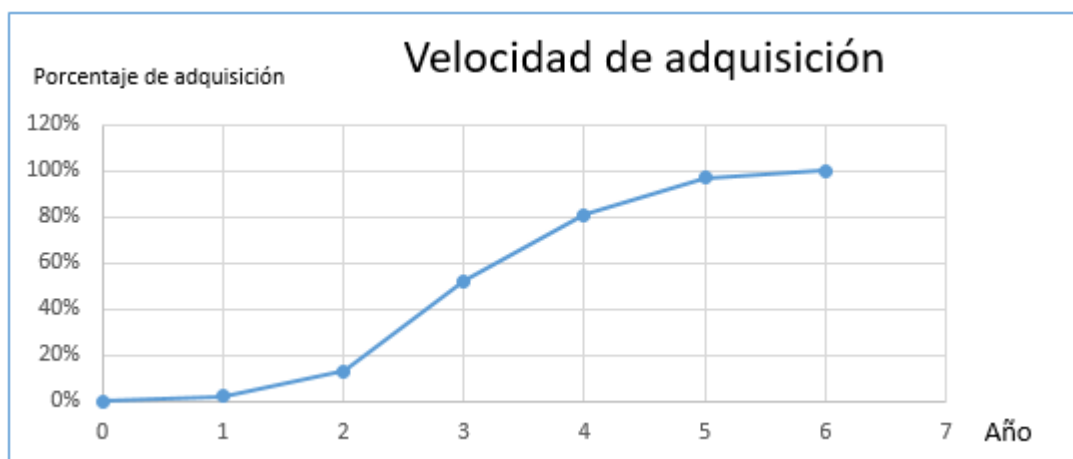


Figura 5. Curva de adquisición del compostador por parte de la gente. Cantidad de personas que ya cuentan con el artefacto en función de los años transcurridos desde el inicio del proyecto.

La representación (Figura 6) que correspondiente al beneficio anual obtenido por parte del Gobierno, muestra cómo a principios del año 4, las curvas de ahorro para casas y departamentos se cruzan. Esto se debe a que la curva de adquisición en las casas tiene una mayor pendiente respecto a la curva de renovación edilicia aunque los departamentos representen una mayor cantidad, por lo que tras algunos años después de los representados en este gráfico las curvas se cruzarán nuevamente.

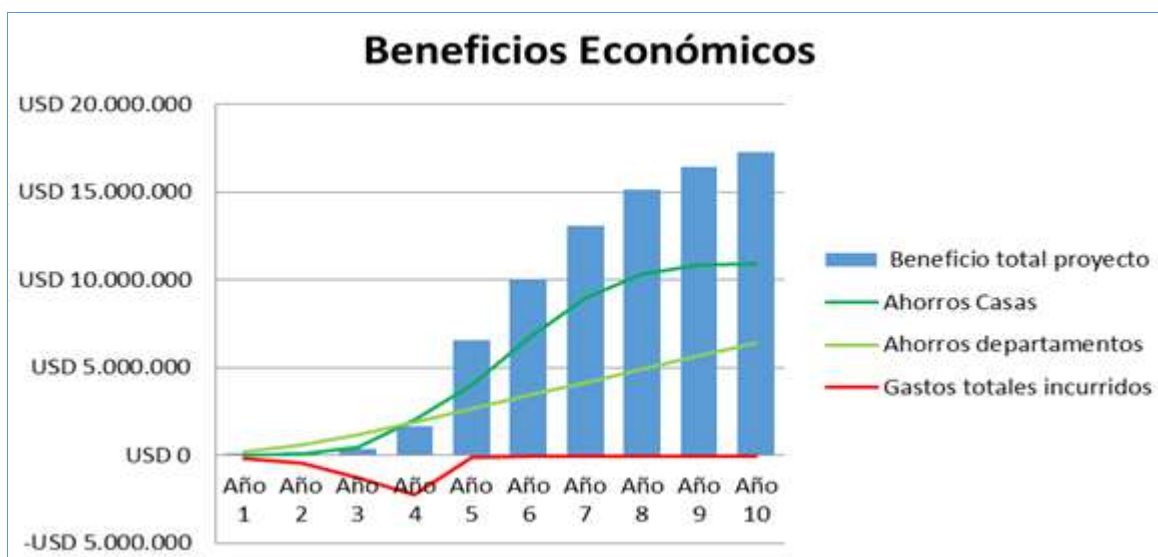


Figura 6. Costos totales y ahorros para el Gobierno según tipo de vivienda año a año.

La evaluación de proyectos consiste en comparar los costos con los beneficios que éstos generan, para así decidir sobre la conveniencia de llevarlos a cabo. Se concluye que el proyecto es conveniente si el valor actual del flujo de fondos del proyecto es positivo, esto es, si acaso la inversión en el proyecto involucra un aumento en la riqueza del inversionista mayor que el que podría obtener de utilizar esos fondos en su mejor inversión alternativa.

Para esta evaluación recurrimos al cálculo del VAN (Ecuación 1) (Valor Actual Neto del proyecto), el cual es una medida de todos los egresos e ingresos (flujo de fondos propiamente dicho) de una entidad, trayendo sus valores al día de hoy, es decir, afectando cada flujo económico por una TREMA (Tasa Requerida Mínima Aceptable para llevar adelante el proyecto), que se obtiene al analizar qué alternativas de inversión tiene la entidad en paralelo a la posibilidad de invertir en el proyecto que se analiza.

$$VAN = \sum_{i=0}^{i=N^{\circ} \text{ flujos}} \frac{(\text{Flujos entrantes}_t - \text{Flujos salientes}_t)}{(1 + TREMA)^t} \quad (1)$$

donde "t" es cada período que se analiza.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Analizando los escenarios de la tabla anterior, se opta por una propuesta para el horizonte temporal en el cual será planteado el proyecto al Gobierno de la Ciudad.

Se elige en este caso una propuesta a 3 años desde la implementación del compostador. Esta elección se basa en la necesidad de presentar un proyecto con valores conservadores y aminorando la incertidumbre. Se estima que a partir del año 3 la incertidumbre crece exponencialmente, por lo que se pierde en gran medida la confianza en los valores monetarios a partir de este momento al desconocer cómo crecerán o disminuirán los flujos de fondos. Esto tiene que ver con distintos tipos de riesgos no asegurables asociados a la introducción al mercado de un bien tecnológico de impacto social: riesgos relacionados con la vida útil (con el tiempo) de la inversión, riesgos involucrados en la actividad misma, riesgos por variación del precio de los commodities que se utilizan en la composición del compostador, etc.

Por lo tanto, el VAN del proyecto a 3 años es de 546.206 USD (en el escenario optimista) y de 500.870 USD (en el escenario pesimista).

Como todo proyecto social, este trae aparejados beneficios sociales, ya sean externalidades medibles o no medibles. Para este estudio, no se tuvieron en cuenta dichas externalidades por lo mencionado anteriormente, pero a modo de resumen se enuncian las siguientes:

- Reducción de la presencia de vectores epidemiológicos en la vía pública (moscas, roedores, etc.)
- Mejorar la operación del relleno sanitario en que es dispuesta, generando menor volumen de lixiviados
- Minimizar la aparición de olores asociados a la descomposición anaeróbica de esta fracción durante el tiempo que transcurre desde la generación en el hogar, su transporte a la estación de transferencia y su disposición final
- Reducción de la huella de carbono generada por el incorrecto tratamiento de los RSO
- Aumento en la eficiencia de tratamiento de aguas residuales, así como de los lodos remanentes del proceso
- Aumento del índice de reciclados debido a la no contaminación de los mismos
- Reducción de contaminación sonora y visual en las calles

Vale destacar que durante el análisis financiero, se tomaron los valores más conservadores de los que se disponía en cada caso para generar el más conservador de los escenarios y así esperar que la realidad supere o iguale estos valores.

Si tenemos en cuenta que los beneficios económicos ya se obtienen en los primeros años, se podría implementar una política de subsidios totales para los usuarios que vivan en casas que no puedan acceder al mismo de ningún modo.

Los gastos en cuanto a subsidios totales o parciales cesarán en pocos años, pero continuará habiendo gastos de publicidad y capacitación por las nuevas generaciones, la gente que se incorpora de edificios viejos, entre otros casos.

Además, con el correr de los años se espera un incremento en la cantidad de departamentos porque la gente dejará progresivamente de vivir en casas y se mudará a edificios, como fue dicho anteriormente. Adicionalmente se espera que el índice general de habitabilidad baje de 2,35 en departamentos.

En cuanto al impacto económico para el comprador del compostador, si bien esto no influye en el Gobierno, se observa que para el habitante de departamento no se genera un gran cambio en su economía debido a que se enmarca como una instalación sanitaria más de muy bajo costo, y en el habitante de casa, incluso se demuestra que el beneficio económico puede ser percibido por el usuario si se hace uso del compost directamente o se comercializa de alguna manera.

4. CONCLUSIONES

En el contexto mundial se destaca que la tendencia en gestión de RSU es la de recuperar el mayor porcentaje de los mismos obteniendo valor, ya sea a través del reciclaje, el compostaje o la incineración para generar energía. Para lograr este objetivo, se establece como necesaria la separación en origen y como política regulatoria se utilizan métodos de beneficios y castigos para el que incumpla la regulación.

La Ciudad Autónoma de Buenos Aires establece como obligatoria la separación en origen (reciclable y no reciclable) pero el porcentaje de disposición de residuos es relativamente alto y se obtiene poco o ningún valor del mismo. El contexto local de generación de residuos refleja la necesidad de gestionar los residuos sólidos de forma inteligente, con una cuidadosa selección y desarrollo sustentable en el uso de las tecnologías, estableciendo una relación entre la sociedad y las

autoridades que gestionen los residuos. Esto obliga a los intervinientes, tanto Gobierno como sociedad, a un compromiso con el ecosistema.

A lo largo de este trabajo se estudiaron las opciones de deposición final del resultante del tratamiento de compostaje doméstico en cuanto a su análisis técnico y económico.

En cuanto a la comprobación técnica, la opción de descarte por cloaca, se pudo verificar que existe una relación de afinidad entre los barros cloacales y el compost de residuos orgánicos la cual no solo genera la aceleración del proceso de digestión de dichos barros, sino que también mejora su calidad final al habersele adicionado nutrientes y biota depuradora de esta manera. Lo importante a destacar también es que el compost estabilizado que se volcaría en la cloaca no agregará gases a los ya generados por la anaerobiosis, ya que la fracción orgánica de los RSU ya ingresa tratada. Lo mismo ocurre ante la medición de DBO, la cual no aumentaría al estar ya digerida la materia orgánica.

En cuanto a la posibilidad de obtención del compost como fertilizante desde el punto de vista técnico, se comprueba que, ya sea para su uso personal en enmienda de jardines o para comercialización con el sector agrario, este tipo de uso genera un beneficio para quien lo produzca.

Acorde a la correspondencia que la propuesta tiene con la Ley Nro. 1.854 "Basura Cero", se asume que se podrá incluir el marco regulatorio necesario para la concreción de este proyecto dentro de dicha Ley. Se deberá también entender cómo se puede llegar a ejercer un mayor control y seguimiento de la población en el aprendizaje de este nuevo método. Se cree que con esta incorporación a la Ley se puede generar un método sinérgico con las políticas en materia de tratamiento de la basura que asume el actual Gobierno, y así poder estar más cerca de varios objetivos del proyecto original: concientizar a los vecinos y a los grandes generadores de residuos acerca de la necesidad de la separación en origen de residuos, diferenciando entre materiales reciclables y basura; minimizar los residuos a enterrar mediante la consolidación de la práctica de reducción, recupero y separación de materiales reciclables en origen; y contribuir al ordenamiento de la cadena de valor del reciclado.

Así como los recuperadores urbanos se organizan en cooperativa para la recolección de los residuos reciclables, se podría fomentar la creación de cooperativas como mediadoras en la distribución de excedente de compost en casas hasta el sector agrario.

En cuanto al aspecto económico se quiso comprobar que en este proyecto se generaría un ahorro para el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires por reducir la fracción orgánica de la basura, y que no habría pérdida de capital en ningún ejercicio desde la implementación del proyecto.

La implementación del compostador en sincronía con el recambio edilicio de CABA otorga al Gobierno un ahorro en todos los períodos fiscales, permitiendo derivar parte de estos fondos a capacitaciones, publicidad y subsidios a habitantes de casas, propiciando con esta última decisión el aumento de los beneficios año a año.

Si bien se determinó un horizonte de confianza para los valores del proyecto de 3 años, cumplido este tiempo, se podrá hacer un análisis ex post para evaluar las nuevas condiciones existentes.

A la luz de los resultados obtenidos tanto sobre el aspecto técnico, como el económico y financiero, la instalación doméstica del compostador resulta conveniente para la reducción de los RSU en CABA, generando un ahorro en el presupuesto de la Ciudad.

Se espera que este proyecto pueda servir de guía y prueba piloto para el desarrollo de un mismo tipo de plan en otras ciudades del país, y el día de mañana poder insertar a un mismo tipo de plan en otras ciudades del país, y el día de mañana poder insertar a Argentina en el compromiso global con el futuro de nuestra y las siguientes generaciones.

Análisis de Riesgos y Oportunidades según ISO 9001:2015. Caso de Aplicación Práctica en una Empresa de Servicios Biomédicos

Senn, Jorge*; Villa, Aníbal Agustín⁽¹⁾

**Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones.
Juan Manuel de Rosas 325, Oberá, Misiones. jorgesenn1@gmail.com*

*(1) Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Favaloro.
Sarmiento 1853, CABA. anibalagustinvilla4@gmail.com*

RESUMEN

El presente trabajo refiere a un caso de estudio en una empresa de servicios biomédicos, que realiza el mantenimiento de equipos de un importante hospital público de la ciudad de Posadas, Misiones, quien es su principal cliente. El estudio se desarrolla fundamentalmente en torno a los dos nuevos conceptos introducidos por la Norma ISO 9001 en su versión actual, en cuanto a la necesidad de analizar riesgos y oportunidades, así como indicar cómo se gestionarán las mismas. En el desarrollo del trabajo se realizan propuestas concretas y ejemplificadas de cómo se podrían realizar tanto el análisis de riesgos, a través del uso de las herramientas FODA y MEFI; así como propuestas de cómo analizar oportunidades a través de la aplicación de las herramientas FODA y AMFE. Se pretende demostrar que estos dos nuevos requisitos de la Norma resultan fundamentales para asegurar el éxito y facilitar la permanencia y crecimiento de las organizaciones. Por otra parte, la existencia de estos dos aspectos como requisito, obliga a las empresas a realizar el análisis correspondiente, que lejos de ser una simple exigencia adicional, resulta en un gran potencial de crecimiento.

Palabras Clave: sistemas de gestión de calidad; análisis de riesgos y oportunidades; FODA; MEFI; AMFE.

ABSTRACT

This work deals with a case study in a biomedical services company which does equipment maintenance for the most important public hospital in Posadas, Misiones, which is the company's main client. The study stems from two new concepts introduced by ISO 9001 Standard in its current version, related to the need to analyze risks and opportunities and indicates how they will be managed. In the development of the study, specific and exemplified proposals about how to carry out risks analysis by means of SWOT and IFE Matrix tools are put forward. In addition, suggestions about how to analyze opportunities through SWOT and FMEA tools are offered. The intention is to demonstrate that these two Standard requisites are fundamental to ensure success and facilitate organizations' permanence and growth. On the other hand, these two aspects as requisites compel companies to carry out the corresponding analysis, which far from being an additional obligation, it results in a significant potential for growth.

Keywords: Quality management systems; Risks and opportunity analysis; SWOT; IFE Matrix; FMEA

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo corresponde parcialmente a lo desarrollado en el marco de un trabajo final de carrera de Ingeniería Biomédica de la Universidad Favaloro, basado en una pasantía efectuada por Aníbal Agustín Villa, en el año 2016, en una empresa de servicios biomédicos de la ciudad de Posadas, Misiones. Esta empresa tiene como principal cliente al Hospital Escuela de Agudos Dr. Ramón Madariaga de la misma ciudad, a quien presta servicios de mantenimiento de equipamiento biomédico. El título de dicho trabajo es: "Propuestas para el Desarrollo de un Sistema de Gestión de la Calidad, Sector Gestión de Mantenimiento, en una Empresa de Servicios Biomédicos" [1].

El trabajo se desarrolló como propuesta para la implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) en el sector mantenimiento de dicha empresa de servicios, bajo los requisitos y directrices de la Norma ISO 9001:2015.

En el Capítulo 6: Planificación para el Sistema de Gestión de la Calidad, de la Norma ISO 9001:2015 [2], se indica que al planificar su SGC, la organización tendrá que determinar los riesgos y oportunidades que afectan a la organización. El espíritu de la Norma en tal sentido es orientar a las organizaciones para analizar su propia situación hacia adentro y afuera, a fin de conocerse mejor y conocer el ambiente en el que se desarrollan, y así desarrollar estrategias y actividades para gestionar exitosamente las diversas circunstancias que le permitirán asegurar su éxito y permanencia.

Se desarrolla en este trabajo la parte de análisis de riesgos y oportunidades, que aparece como novedad en la versión actual de la Norma. Para dicho análisis se utilizaron diversas herramientas de la calidad, tales como FODA, MEFI y AMFE. El trabajo tiene como objetivo demostrar una forma práctica de realizar este análisis y por otra parte, ofrecer una reflexión sobre el acierto que representa haber incorporado este requisito en la norma, ya que permite analizar los riesgos que debe enfrentar la organización, con lo que puede actuar preventivamente; así como analizar y encontrar oportunidades para actuar proactivamente y tener la posibilidad de asegurar y afianzar su mercado a futuro.

2. ACTIVIDADES DE LA EMPRESA DE SERVICIOS BIOMÉDICOS

Se describirá aquí una reseña de la actividad que realiza la empresa de servicios biomédicos como objeto de estudio. Su principal actividad comercial es la de realizar el servicio de mantenimiento de equipamiento biomédico, entre ellos a su principal cliente el Hospital Escuela de Agudos Dr. Ramón Madariaga, que es un hospital público provincial, de tipo general, no especializado, de alta complejidad (Tipo III) que cuenta con un número aproximado de 250 camas. El caso de estudio se centra principalmente al sector mantenimiento y en el servicio prestado a este cliente, no obstante es aplicable en forma genérica a cualquier otro cliente actual o potencial.

Actualmente el servicio de mantenimiento consiste fundamentalmente en solucionar las fallas del equipamiento mediante reparaciones correctivas, velando por el uso seguro y eficaz de los equipos. Los mantenimientos preventivos son efectuados siguiendo las recomendaciones de los fabricantes, pero no hay un plan de mantenimiento preventivo incorporado como uno de los procesos de trabajo de la organización, que sirva para reducir los riesgos equipos/pacientes y las reparaciones de urgencia que son más costosas. Por otra parte, la empresa otorga también un servicio de guardia fuera del horario comercial habitual (todos los días en la franja de 20 a 6 h, sábados, domingos y feriados).

Dentro del Hospital Madariaga, la empresa presta sus servicios como responsable del departamento de Bioingeniería, brindando un mantenimiento interno y rápido. Cuenta con instalaciones de oficinas para tareas administrativas, como de talleres para los trabajos técnicos de mantenimiento, dentro del predio del hospital.

A continuación se indican resumidamente los procesos de trabajo que se realizan en el servicio de mantenimiento de la empresa, sin entrar en detalles de los procedimientos técnicos de mantenimiento (procesos operativos). Se clasifican como procesos secundarios, a aquellos que forman parte de un subproceso de trabajo, incluidos en un proceso primario principal, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 1 *Procesos primarios y secundarios del departamento de mantenimiento*

Procesos primarios	Procesos secundarios
Alta de un equipo	Carga del equipo nuevo en el software de la empresa
	Carga del código de identificación del equipo en el software de la empresa
Mantenimiento Correctivo	Cierre de tickets en el software de la empresa
	Carga del trabajo realizado en el software de la empresa
Servicio de guardia	Mantenimiento Correctivo
Mantenimiento Preventivo	Calibración

3. IMPORTANCIA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD PARA LA EMPRESA

Como para cualquier organización, la implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) es de fundamental importancia. Por las características actuales del mercado en el que las empresas se mueven y en el marco de la competitividad existente, surge como distintivo la certificación de calidad.

Para una empresa, como la del caso de estudio, la importancia de desarrollar un SGC y obtener una certificación conforme a la Norma ISO 9001:2015, es fundamental para asegurar la confiabilidad del servicio y generar confianza en sus clientes, para lograr un mayor prestigio dentro del mercado y sus competencias, así como gerenciar una empresa organizada, ordenada, sistematizada, eficiente y eficaz a la hora de ejecutar sus procesos de trabajo.

Si, tal como indica la norma, se tienen en cuenta a todas las partes interesadas, la importancia y el impacto de un SGC se puede resumir en la siguiente tabla:

Tabla 2 *Matriz de partes interesadas*

Partes interesadas	Necesidades	Expectativas	Influencia en el SGC	Impacto al SGC
1. dueño y personal de la empresa de servicio	- ingreso económico en base a los trabajos realizados. - crecimiento como empresa	- buena gestión, eficiencia y posicionamiento. - asegurar la permanencia en el tiempo de la prestación de servicio ofrecida	influencia total	impacto total, depende en su totalidad
2. directivos y personal médico del hospital	utilización del equipamiento biomédico para la atención de los pacientes	disponibilidad de los equipos cuando se requiera, en optimas condiciones de funcionamiento	alta influencia de primer cliente	impacta directamente al SGC, que tiene como fin mantener el cliente satisfecho
3. pacientes	recibir la atención medica a través de un equipamiento biomédico seguro y eficaz	disponibilidad de los equipos cuando se requiera, en optimas condiciones de funcionamiento	es el cliente final, más importante, y más afectado	alto impacto al SGC, se busca su mayor satisfacción
4. proveedores de insumos y repuestos	venta de insumos y repuestos necesarios para el mantenimiento de los equipos	- Pedidos claros - Cumplimiento de pagos - relación estratégica y mutuamente beneficiosa	influencia alta, es fundamental la calidad de los productos suministrados, así como en tiempo y forma	alto impacto, es muy importante una relación fluida de plena confianza
5. la sociedad	contar con un servicio de salud amplio, de complejidad y de buena calidad	buena atención, equipamiento disponible y confiable	son potenciales pacientes, por lo tanto merece el mismo tratamiento	impacto medio. Un SGC otorga confiabilidad y respaldo.

Como puede verse en la tabla 2, la implementación de un SGC en la empresa tiene capital importancia para la mayoría de las partes interesadas.

4. ANALISIS DE RIESGOS Y OPORTUNIDADES

4.1. Metodologías utilizadas

Es importante definir una metodología para diagnosticar el funcionamiento de la empresa, lo que permite estudiar la situación actual de la empresa, especialmente en cuanto a su servicio de mantenimiento, y en función a ello evaluar cuales son riesgos y oportunidades, cumpliendo con el

nuevo pensamiento de la ISO 9001:2015, Sección 6.1 "Acciones para abordar riesgos y oportunidades" [2]

Allarie y Firsirou (1985), Bryson y Bromiley (1993) y Hax y Majluf (1984) citados por Talancón (2007) [3] indican que: "realizar diagnósticos en las organizaciones laborales es una condición para intervenir profesionalmente en la formulación e implantación de estrategias y su seguimiento para efectos de evaluación y control."

El análisis FODA (también conocido como DAFO, DOFA o SWOT), es una herramienta de estudio de la situación de una empresa o proyecto, analizando sus características internas (Debilidades y Fortalezas) y su situación externa (Amenazas y Oportunidades) en una matriz cuadrada. Permite conocer la situación real en que se encuentra una organización, empresa o proyecto, y planear estrategias de futuro.

Talancón (2007) [3] afirma que: " el análisis FODA consiste en realizar una evaluación de los factores fuertes y débiles que, en su conjunto, diagnostican la situación interna de una organización, así como su evaluación externa, es decir, las oportunidades y amenazas. También es una herramienta que puede considerarse sencilla y que permite obtener una perspectiva general de la situación estratégica de una organización determinada."

El objetivo del análisis FODA es determinar las ventajas competitivas de la empresa bajo análisis y la estrategia genérica a emplear por la misma que más le convenga en función de sus características propias y de las del mercado en que se mueve.

El análisis consta de cuatro pasos:

- Análisis externo: oportunidades y amenazas
- Análisis interno: fortalezas y debilidades
- Confección de la matriz FODA
- Determinación de las estrategias a emplear

El mismo autor [3], también responde a la pregunta de ¿cómo identificar las fortalezas y debilidades? según diferentes autores: según McConkey (1988) [3], "una fortaleza de la organización es alguna función que ésta realiza de manera correcta, como son ciertas habilidades y capacidades del personal con ciertos atributos psicológicos y la evidencia de su competencia". Otro aspecto identificado como una fortaleza son los recursos considerados valiosos y la misma capacidad competitiva de la organización como un logro que brinda ésta o una situación favorable en el medio social.

Henry (1980) [3] hace referencia a que: "una debilidad se define como un factor que hace vulnerable a la organización o simplemente una actividad que la empresa realiza en forma deficiente, lo que la coloca en una situación débil".

Por otro lado, las oportunidades y amenazas constituyen aquellas fuerzas ambientales de carácter externo no controlables por la organización. Las oportunidades representan elementos potenciales de crecimiento o mejoría, y las amenazas representan las fuerzas o aspectos negativos y problemas potenciales.

Los requisitos de la norma ISO 9001:2015 reflejan que la organización debe realizar un análisis tanto interno como externo de su situación actual; pero como los aspectos externos van más allá del alcance del objeto de estudio, se evalúa prioritariamente la situación interna de la empresa, para lo cual se utiliza otra herramienta: la Matriz de Evaluación de los Factores Internos (MEFI), como complemento del análisis FODA. La Matriz MEFI permite, en forma objetiva, determinar el grado de importancia de los diversos factores que se pretenden analizar, dándole un determinado peso.

Según Talancón (2007) [3], el procedimiento para la elaboración de una matriz MEFI consiste de cuatro etapas:

- Asignar un peso entre 0.0 (no importante) hasta 1.0 (muy importante); el peso otorgado a cada factor expresa su importancia relativa, y el total de todos los pesos debe dar la suma de 1.0.
- Asignar una calificación entre 1 y 4, donde el 1 es irrelevante y el 4 se evalúa como muy importante.
- Efectuar la multiplicación del peso de cada factor por su calificación correspondiente para determinar una calificación ponderada de cada factor, ya sea fortaleza o debilidad.
- Sumar las calificaciones ponderadas de cada factor para determinar el total ponderado de la organización en su conjunto.

Lo más importante no consiste en sumar el peso ponderado de las fortalezas y las debilidades, sino comparar el peso ponderado total de las fortalezas contra el peso ponderado total de las debilidades, determinando si las fuerzas internas de la organización en su conjunto son favorables o desfavorables, o si lo es su medio ambiente interno. En el caso de que el peso ponderado total de las fortalezas sea mayor que la del peso de las debilidades, las fuerzas internas son favorables a la organización y a la inversa.

4.2. Determinación de Fortalezas y Debilidades y sus valores relativos

Las fortalezas y debilidades se han determinado durante la etapa de relevamiento del funcionamiento de la empresa como prestadora de servicio de mantenimiento de equipos biomédicos, utilizando la herramienta FODA antes descripta. En la Tabla 3 se indican los principales resultados:

Tabla 3 *Lista de Fortalezas y Debilidades*

Fortalezas	Debilidades
1. Software administrador como gran herramienta informática	1. Falta de capacitación en el uso del software administrativo
2. Ubicación estratégica tanto de los talleres como de las oficinas en el edificio del hospital	2. Insuficiente capacitación técnica del personal
3. Adquisición de los testers biomédicos de alta complejidad	3. Cantidad insuficiente de personal en la gestión de mantenimiento
4. Recursos administrativos propios para suplantar una caída del sistema informático del hospital, que es utilizado para solicitar el servicio de mantenimiento	4. Aumento de la cantidad de trabajos correctivos, y pocos trabajos preventivos programados
5. Disminución del tiempo en la reparación de los equipos asistidos, dado el aumento de experiencia adquirido por el personal técnico	5. Demanda insatisfecha de los proveedores de insumos y repuestos para los mantenimientos, que cumplan con el tiempo acordado
6. Única empresa del rubro en el mercado local	6. Falta de un plan de gestión de compras para los insumos y repuestos
7. Responsabilidad del personal	7. Mayoría de proveedores de insumos y repuestos a más de 1000Km de distancia
8. Buena disposición del personal para realizar los trabajos	8. Comunicación inadecuada en el pedido de reparación de equipos, por parte de los distintos sectores del hospital
9. Facilidad para acceder a información bibliográfica mediante recursos	9. Falta de profesional de Ingeniería Clínica
10. Buena disponibilidad de recursos para el servicio de guardia (equipamiento y móvil)	10. Falta de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos

A partir de la determinación de las fortalezas y debilidades de la empresa, se procedió a la elaboración de la matriz MEFI. Los datos se obtuvieron a través de reuniones de análisis semanales de trabajo y el acceso a la documentación durante el desarrollo de la pasantía. En la Tabla 4 se analiza, mediante la Matriz MEFI, los siguientes aspectos de la empresa:

Tabla 4 *Peso Ponderado de Fortalezas y Debilidades*

Factor a Analizar	Peso	Calificación	Peso Ponderado
Fortalezas			
Software administrador como gran herramienta informática	0.087	3	0.261
Ubicación estratégica tanto de los talleres como de las oficinas en el edificio del hospital	0.043	2	0.086
Adquisición de los testers biomédicos de alta complejidad	0.039	3	0.117
Recursos administrativos propios para suplantar una caída del sistema informático del hospital, que es utilizado para solicitar el servicio de mantenimiento	0.016	1	0.016
Disminución del tiempo en la reparación de los equipos asistidos, dado el aumento de experiencia adquirido por el personal técnico	0.1	4	0.4
Única empresa del rubro en el mercado local	0.048	2	0.096
Responsabilidad del personal	0.086	4	0.344
Buena disposición del personal para realizar los trabajos	0.044	2	0.088
Facilidad para acceder a información bibliográfica mediante recursos	0.041	1	0.041

Buena disponibilidad de recursos para el servicio de guardia (equipamiento y móvil)	0.036	2	0.072
Subtotal	0.54		1.521
Debilidades			
Falta de capacitación en el uso del software administrativo	0.014	2	0.028
Insuficiente capacitación técnica del personal	0.058	4	0.232
Cantidad insuficiente de personal en la gestión de mantenimiento	0.044	4	0.176
Aumento de la cantidad de trabajos correctivos, y pocos trabajos preventivos programados	0.054	4	0.216
Demanda insatisfecha de los proveedores de insumos y repuestos para los mantenimientos, que cumplan con el tiempo acordado	0.047	3	0.141
Falta de un plan de gestión de compras para los insumos y repuestos	0.051	3	0.153
Mayoría de proveedores de insumos y repuestos a mas de 1000Km de distancia	0.012	2	0.024
Comunicación inadecuada en el pedido de reparación de equipos, por parte de los distintos sectores del hospital	0.029	3	0.087
Falta de profesional de Ingeniería Clínica	0.052	3	0.156
Falta de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos	0.099	4	0.396
Subtotal	0.46		1.609
Total	1.00		3.13

Del cálculo del peso ponderado que se indica en la tabla, se puede ver:

Peso ponderado total de las fortalezas = 1.521

Peso ponderado total de las debilidades = 1.609

Del análisis realizado con esta herramienta se puede concluir que "actualmente, las fuerzas internas no son favorables a la organización", teniendo en cuenta que el peso de las fortalezas es menor que el peso de las debilidades, lo que podría implicar que, de no tomarse medidas que hagan más favorables a estos indicadores, sería difícil asegurar el crecimiento de la organización.

4.3. Análisis de Riesgos

Para dar cumplimiento a los requisitos de la norma ISO 9001:2015 en relación a la gestión de riesgos y oportunidades, podemos basarnos en lo obtenido en el análisis FODA cuyos resultados se mostraron en la Tabla 3, adoptando como criterio que aquellos que han sido evaluados como debilidades también implican riesgos para la organización.

Las principales consecuencias/riesgos que emanan de estas debilidades se indican en la Tabla 5:

Tabla 5 Principales riesgos que afronta la empresa

Debilidades	Consecuencias / Riesgos
Falta de capacitación en el uso del software administrativo	Personal no instruido para trabajar con el software administrador de la empresa
Insuficiente capacitación técnica del personal	Personal no instruido para realizar los mantenimientos de equipos
Cantidad insuficiente de personal en la gestión de mantenimiento	Falta de personal para atender las solicitudes del hospital
Aumento de la cantidad de trabajos correctivos, y pocos trabajos preventivos programados	Aumento de trabajos correctivos imprevistos por falta de mantenimiento preventivo
Demanda insatisfecha de los proveedores de insumos y repuestos para los mantenimientos, que cumplan con el tiempo acordado	No disponibilidad de insumos o repuestos en el momento del mantenimiento
Falta de un plan de gestión de compras para los insumos y repuestos	Poco stock de insumos y repuestos para las reparaciones
Mayoría de proveedores de insumos y repuestos a mas de 1000 km de distancia	Aguardar insumos y repuestos por un largo periodo de tiempo, teniendo en cuenta la

	distancia a los proveedores
Comunicación inadecuada en el pedido de reparación de equipos, por parte de los distintos sectores del hospital	Mayor tiempo para realizar los trabajos de mantenimiento
Falta de profesional de Ingeniería Clínica	Poca de interpretación en el funcionamiento de los equipos, y a la comunicación con el personal médico
Falta de un plan estratégico de mantenimiento preventivo para los equipos	Disminución de la vida útil de los equipos

Si se pretende resumir todos estos riesgos puntuales en una sola frase, podría decirse que la suma de los mismos se traduce en: “peligro de incumplimiento en tiempo y forma de las tareas de mantenimiento asignadas”, lo que evidentemente para la empresa puede significar un riesgo potencial en cuanto a incumplimiento contractual, riesgos para pacientes, responsabilidad civil por el producto, daño económico, desprestigio, pérdida de clientes, multas, etc.

4.4. Análisis de Oportunidades

Si bien en el análisis de matriz FODA, las oportunidades aparecen como factores externos y en consecuencia poco influenciados desde la organización, puede indicarse no obstante que, con el mismo criterio utilizado en el punto anterior, hay oportunidades que pueden emanar desde las fortalezas que se poseen. En tal sentido, algunas de las consecuencias/oportunidades que se pueden gestionar, se indican en la Tabla 6:

Tabla 6 Principales oportunidades de la empresa a partir de sus fortalezas

Fortalezas	Consecuencias/Oportunidades
Software administrador como gran herramienta informática	Desarrollar la medición automatizada de indicadores, a través de las funciones estadísticas del software
Ubicación estratégica tanto de los talleres como de las oficinas en el edificio del hospital	Agilización de los trabajos de mantenimiento por fácil traslado de equipos y herramientas
Adquisición de los testers biomédicos de alta complejidad	Adquisición de los plugins de Ansur para automatizar las pruebas y generar un registro digital
Recursos administrativos propios para suplantar una caída del sistema informático del hospital, que es utilizado para solicitar el servicio de mantenimiento	Fácil adaptación a otro cliente, o centro de salud
Disminución del tiempo en la reparación de los equipos asistidos, dado el aumento de experiencia adquirido por el personal técnico	Servicio de mantenimiento cada vez más eficiente
Única empresa del rubro en el mercado local	Exclusividad en el servicio, por falta de competidores en el mercado local
Responsabilidad del personal	Mayor satisfacción de los clientes
Buena disposición del personal para realizar los trabajos	Servicio de mantenimiento cada vez más eficiente
Facilidad para acceder a información bibliográfica mediante recursos	Mantener instruido y actualizado al personal técnico
Buena disponibilidad de recursos para el servicio de guardia (equipamiento, móvil)	Servicio de guardia cada vez más eficiente

El desarrollo de estos factores permitirá a la empresa, no solo mejorar su servicio sino asumir una actitud proactiva que le permita mantenerse y afianzarse en el mercado.

5. PROPUESTAS DE MEJORA

5.1 Propuestas para disminución de riesgos

En función de las principales debilidades y sus consecuencias, algunas de las propuestas desarrolladas en el marco del trabajo son:

- Capacitar al personal en el uso del software administrativo y desarrollar instructivos de trabajo con los pasos a seguir para operar las diferentes funciones del mismo

- Implementar contratos con proveedores en los que se detalle la adquisición de capacitaciones técnicas al departamento de bioingeniería, sobre el mantenimiento del equipo a comprar.
- Incorporar personal capacitado para atender la demanda de trabajos que hoy se encuentran desbordados.
- Desarrollar indicadores de calidad que permitan monitorear las actividades y la implementación de las mejoras en el servicio de mantenimiento en función de objetivos.
- Planificar mantenimientos preventivos para disminuir la cantidad de reparaciones correctivas de urgencia, que generan un mayor costo y mayor tiempo fuera de servicio de los equipos.
- Realizar un nuevo relevamiento y etiquetado de equipos y llevar a cabo un solo tipo de orden, ya sea por la familia de equipos o por la ubicación.
- Adquirir las licencias faltantes para trabajar con los Plugins de Ansur de los analizadores biomédicos. Esto permitirá automatizar las pruebas realizadas por el analizador, y obtener archivado en forma digital el informe de cada prueba, de manera que se minimice el trabajo administrativo de los técnicos al cargar los datos de las mediciones.
- Registrar la mayor cantidad de información de equipo antes de dar de alta para llevar una referencia del estado del equipo inicial antes de entrar al servicio. Estas mediciones serán archivadas en la hoja de vida de cada equipo
- Desarrollar un sistema documental para el sector de mantenimiento, consistente en procedimientos, instructivos y registros, que servirán para estandarizar los procedimientos y registrar resultados para su seguimiento y aseguramiento de la calidad. Esta documentación se deberá desarrollar en vistas a que forme parte de la información documentada de un futuro SGC.
- Otros.

5.1.1 Objetivos de la calidad e indicadores

En uno de los puntos anteriores, se propone “desarrollar indicadores de calidad que permitan monitorear las actividades y la implementación de las mejoras en el servicio de mantenimiento en función de objetivos de la calidad”. A manera de ejemplo se indica en la Tabla 7 la propuesta desarrollada en cuanto a este punto:

Tabla 7 *Objetivos de la calidad e indicadores de monitoreo*

Objetivo	Meta	Nombre del indicador	Fórmula	Referencia	Fuente de datos	Frecuencia	Responsable
Optimizar el tiempo de trabajos correctivos	tiempo de cierre de todos los tickets en menos de 7 d.h. en los próximos 6 meses	Tiempo de cierre de tickets TCT	$Nr.Total\ tickets < 7\ d.\ h$	Número de días según meta d.h.: días hábiles	Software mesa de ayuda y software de la empresa	1 mes	Responsable de calidad
Mantener la menor cantidad de tickets abiertos	Bajar el 10% de tickets abiertos con respecto al periodo anterior en los próximos 6 meses	Cantidad de tickets abiertos CTA	$\frac{tickets_{(ref)} - tickets_{(act)}}{tickets_{(ref)}} * 100 \leq 10\%$	Tickets _(ref) : número de tickets abiertos período anterior Tickets _(act) : número de tickets abiertos actuales	Software mesa de ayuda y software de la empresa	1 mes	Responsable de calidad
Cantidad de trabajos correctivos menor a preventivos	Disminuir un 5% la relación correctivos/preventivos en los próximos 3 meses	Relación de mantenimiento correctivo/preventivo	$\frac{TC_r - TC_n}{TP_n} * 100 \geq 5\%$	TC _r : Trabajos correctivos período anterior TC _n : Trabajos correctivos actuales TP _n : Trabajos preventivos actuales	Software mesa de ayuda y software de la empresa	1 mes	Responsable de calidad
Disminuir el número de solicitudes falsas	Disminuir el número de solicitudes falsas en un 10 % en 6 meses	Falsas solicitudes de servicio	$\frac{FS_r - FS_n}{FS_r} * 100 \geq 10\%$	FS _r : falsas solicitudes período anterior FS _n : falsas solicitudes actuales	Software mesa de ayuda	1 mes	Responsable de calidad
Lograr una alta disponibilidad de Equipos	Alcanzar como mínimo el 90% de disponibilidad de los equipos en 12 meses	Disponibilidad de los equipos	$\frac{HPOM - TFSM}{HPOM} * 100 \geq 90\%$	HPDM: horas programadas de operatividad al mes TFSM: tiempo de fuera de servicio en hora de los equipos	Operador y software administrador de la empresa	1 mes	Responsable de calidad
Lograr mayor grado de cumplimiento de trabajos del personal	Lograr un buen cumplimiento para un valor mayor o igual a un 95% Cumplimiento de al menos el 95 % en un plazo de 12 meses	Grado de cumplimiento de procedimientos	$\frac{HMRM - HMPM}{HMPM} * 100 < 5\%$	HMPM: horas de mantenimiento planificado al mes HMRM: horas de mantenimiento reales al mes	Operador y software administrador de la empresa	1 mes	Responsable de calidad

5.2 Propuesta de desarrollo de una oportunidad

Al igual que en el punto anterior, se indica aquí a manera de ejemplo y en forma sintética, el desarrollo de lo que se entiende como una oportunidad para la empresa, siguiendo los requisitos de la norma antes indicada al respecto.

Como el Hospital Escuela de Agudos Dr. Ramón Madariaga es el cliente estratégico de la empresa (representa entre el 75 al 80 % de su caudal de trabajo), el cual fue tomado junto a la empresa como objeto de estudio del proyecto y no cuenta con un SGC; y en consecuencia carece de un análisis de riesgo relacionado con sus equipos, se presenta como una interesante oportunidad de servicio y fidelización del cliente, realizar un análisis de riesgo de los equipos del cliente a fin de ofrecer el mejor servicio de mantenimiento, especialmente en los casos más críticos. Esto permitirá a la empresa optimizar sus procesos de atención en relación a ese equipamiento y así reducir a su vez sus propios riesgos de falla. Es una oportunidad que se puede considerar como mutuamente beneficiosa.

Pareciera una contradicción que en el análisis de oportunidades se hable de análisis de riesgos, sin embargo el riesgo que se pretende analizar es el del cliente, análisis que no lo tiene, y con ello poder ofrecer un mejor servicio.

En base a lo mencionado y en función al alcance del trabajo, a continuación se propone un análisis de riesgos, planteado como una oportunidad de parte de la empresa, que se limitará al conjunto de equipos del hospital que están bajo el cuidado de la misma, donde los riesgos se ven reflejados en el funcionamiento del equipamiento con relación a los pacientes.

De aquí, el objetivo es proponer una metodología para diseñar un plan de mantenimiento preventivo programado (MPP) de los equipos basados en riesgos, que se ajuste al cumplimiento de los requisitos de la normativa vigente. La idea consiste en clasificar el equipamiento biomédico en función a su nivel de riesgo, teniendo como fin la asignación de prioridades en la atención del mismo.

Una interesante herramienta para determinar un índice de riesgo, o “índice de prioridad de riesgo”, y aplicable a la propuesta que se desarrolla, es el Análisis de Modo de Fallas y sus Efectos (AMFE).

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España (2004, p.1) [4] afirma que el AMFE es una herramienta muy efectiva para el análisis de riesgos, que es un método cualitativo que permite relacionar de manera sistemática una relación de fallos posibles, con sus consiguientes efectos, resultando de fácil aplicación para analizar cambios en el diseño o modificaciones de un proceso. En el presente análisis se toma como factor a analizar el proceso de funcionamiento de cada equipo y las variables que sobre él intervienen.

El principal interés del AMFE es el de resaltar los puntos críticos con el fin de eliminarlos o establecer un sistema preventivo (medidas correctoras) para evitar su aparición o minimizar sus consecuencias, con lo que se puede convertir en un riguroso procedimiento de detección de defectos potenciales, si se aplica de manera sistemática. En este caso particular no se busca la detección de defectos, sino la potencial aparición de problemas en su operación y funcionamiento.

Aunque la técnica se aplica fundamentalmente para analizar un producto o proceso en su fase de diseño, este método es válido para cualquier tipo de proceso o situación, entendiendo que los procesos se encuentran en todos los ámbitos de una empresa, desde el diseño y montaje, hasta la fabricación, comercialización y la propia organización en todas las áreas funcionales de la empresa.

Evidentemente, este método a pesar de su enorme sencillez, es usualmente aplicado a elementos o procesos claves, en donde los fallos que pueden acontecer por sus consecuencias, puedan tener repercusiones importantes en los resultados esperados.

El mismo Instituto [4], indica de manera ordenada y esquemática, los pasos necesarios con las correspondientes informaciones a cumplimentar en la hoja de análisis, para la aplicación del método AMFE.

- A. Denominación del componente e identificación: debe identificarse el producto o parte del proceso, incluyendo todos los subconjuntos y los componentes que forman parte del producto/proceso que se vaya a analizar, bien sea desde el punto de vista de diseño del producto/proyecto o del proceso propiamente dicho. Es útil complementar tal identificación con códigos numéricos que eviten posibles confusiones al definir los componentes.
- B. Parte del componente: operación o función. Se completa con distinta información dependiendo de si se está realizando un AMFE de diseño o de proceso. Para el AMFE de diseño se incluyen las partes del componente en que puede subdividirse y las funciones que realiza cada una de ellas, teniendo en cuenta las interconexiones existentes. Para el AMFE de proceso se describirán todas las operaciones que se realizan a lo largo del proceso o parte del proceso productivo considerado, incluyendo las operaciones de aprovisionamiento, de producción, de embalaje, de almacenado y de transporte.
- C. Fallo o Modo de fallo: el “Modo de Fallo Potencial” se define como la forma en la que una pieza o conjunto pudiera fallar potencialmente a la hora de satisfacer el propósito de proceso, los requisitos de rendimiento y/o las expectativas del cliente. Los modos de fallo potencial se deben describir en

términos “físicos” o técnicos, no como síntoma detectable por el cliente. El error humano de acción u omisión en principio no es un modo de fallo del componente analizado. Es recomendable numerarlos correlativamente. Un fallo puede no ser detectable inmediatamente, ello como se ha dicho es un aspecto importante a considerar y por tanto no debería nunca pasarse por alto.

- D. Efecto/s del fallo: normalmente es el síntoma detectado por el cliente/ usuario del modo de fallo, es decir si ocurre el fallo potencial como lo percibe el cliente, pero también como repercute en el sistema. Se trata de describir las consecuencias no deseadas del fallo que se puede observar o detectar, y siempre deberían indicarse en términos de rendimiento o eficacia del proceso. Es decir, hay que describir los síntomas tal como lo haría el propio usuario. Cuando se analiza solo una parte se tendrá en cuenta la repercusión negativa en el conjunto del sistema, para así poder ofrecer una descripción más clara del efecto. Si un modo de fallo potencial tiene muchos efectos, a la hora de evaluar, se elegirán los más graves.
- E. Causas del modo de fallo: La causa o causas potenciales del modo de fallo están en el origen del mismo y constituyen el indicio de una debilidad del diseño cuya consecuencia es el propio modo de fallo. Es necesario relacionar con la mayor amplitud posible todas las causas de fallo concebibles que pueda asignarse a cada modo de fallo. Las causas deberán relacionarse de la forma más concisa y completa posible para que los esfuerzos de corrección puedan dirigirse adecuadamente. Normalmente un modo de fallo puede ser provocado por dos o más causas encadenadas.

La herramienta se presenta en forma de planilla, como la de la Figura 1, y que debe rellenarse, en este caso para cada familia de equipos a analizar:

Análisis de modo de fallas y efectos para equipos biomédicos									
Familia de equipo:..... AMFE numero:..... Preparado por:..... AMFE Fecha:.....									
Equipo	Falla potencial	Efecto potencial de falla	Causas Potenciales	Severidad	Ocurrencia	Detectabilidad	RPN	Acciones recomendadas	Responsable

Figura 1 Ejemplo de planilla AMFE adaptada a los efectos de este análisis

Determinado el equipo y las fallas potenciales que pueden aparecer en el mismo, a continuación es preciso asignar valores a cada falla potencial, que permitan calcular el “Índice de Prioridad de Riesgo” que viene dado por la ecuación (1)

$$IPR = D.G.F \text{ (detectabilidad * gravedad * frecuencia)} \quad (1)$$

Donde:

- F. Detectabilidad: este concepto es esencial en el AMFE, aunque como se ha dicho es novedoso en los sistemas simplificados de evaluación de riesgos de accidente. Si durante el proceso se produce un fallo o cualquier “output” defectuoso, se trata de averiguar cuan probable es que no lo “detectemos”, pasando a etapas posteriores, generando los consiguientes problemas y llegando en último término a afectar al cliente – usuario final. Cuanto más difícil sea detectar el fallo existente y más se tarde en detectarlo más importantes pueden ser las consecuencias del mismo.

G. Frecuencia (Ocurrencia): Mide la repetitividad potencial u ocurrencia de un determinado fallo, es lo que en términos de fiabilidad o de prevención llamamos la probabilidad de aparición del fallo.

H. Gravedad (Severidad): mide el daño normalmente esperado que provoca el fallo en cuestión, según la percepción del cliente - usuario. También cabe considerar el daño máximo esperado, el cual iría asociado también a su probabilidad de generación.

En los tres casos se asigna un valor numérico a los mismos (generalmente de 1 a 10), en función de la experiencia y el conocimiento que se tiene, en este caso de cada familia de equipos.

De esta manera, no solo se puede determinar cuáles de las familias de equipos son las que presentan mayor índice de riesgo y que en consecuencia se puede realizar un listado para la priorización en su atención, sino que adicionalmente y en cada caso particular, permite determinar individualmente cuál es la falla potencial de cada familia de equipos capaz de generar el mayor impacto.

A partir del relevamiento situacional, en el trabajo se detectaron los 15 equipos del cliente de mayor riesgo, siendo los mismos, en orden decreciente de importancia, los siguientes:

- Sistema de análisis clínico integrado DIMENSION
- Autoclave de vapor de agua HOGNER
- Autoclave de Oxido de Etileno HOGNER
- Contador hematológico ADVIA
- Maquinas de Anestesia
- Respiradores
- Analizador Multiparamétrico RAPILAB
- Mesa de Cirugía
- Monitores Multiparamétricos
- Equipos de diálisis
- Desfibriladores
- Bombas de infusión volumétrica
- Electrobisturíes
- Bombas de infusión a jeringa
- Electrocardiógrafos

6. CONCLUSIONES

Como se ha venido refiriendo a lo largo del trabajo, el mismo se ha centrado en dos nuevos conceptos que incorporó la Norma ISO 9001: 2015. En tal sentido, sin bien en algunos casos varias empresas certificadoras ya venían poniendo especial atención en lo que se denominaban “focus area”, donde se ponía énfasis en las posibles áreas de interés particular de la empresa, generalmente las de mayor vulnerabilidad; en la nueva versión se hace explícito el requisito de análisis de riesgos y oportunidades. La practicidad y acierto de este nuevo concepto introducido por la norma se ha podido comprobar en el presente trabajo, ya que obligó a pensar en los riesgos que afectan a la empresa y desarrollar acciones que puedan reducirlos; pero también permitió analizar oportunidades, como en este caso que se ha considerado una oportunidad analizar los riesgos presentes en el equipamiento del cliente, a manera de ofrecer proactivamente un servicio diferenciado a un cliente prioritario, pensando en un beneficio mutuo empresa-cliente.

Con este nuevo enfoque, en el desarrollo e implementación de un SGC que pretenda ser certificable, las empresas deben necesariamente hacer este análisis de riesgos y oportunidades y plasmar explícitamente cómo lo van a gestionar. Esto va en el sentido de otorgar a las organizaciones una mayor probabilidad de éxito y sustentabilidad.

En el caso de estudio, en el análisis de los riesgos que debe afrontar la empresa, puso de manifiesto muchas falencias internas que deben ser superadas. Algunas de estas falencias pueden ser calificadas como relativamente graves, y llama la atención que no se hayan tomado medidas con anterioridad para superarlas. Pareciera que recién un análisis sistemático permite visualizar los vicios existentes, algunos muy visibles y otros más ocultos, con el agravante que se trata del mantenimiento de equipamiento de un hospital público, en contacto permanente con pacientes.

De la misma manera, en el caso del análisis de oportunidades, son varios los aspectos positivos que se pueden explotar a fin de otorgar una mayor performance a la empresa y ofrecer un servicio diferenciado, y en especial en un caso como éste, donde un solo cliente prácticamente define la existencia de la empresa.

Es por ello que estos dos nuevos requisitos pueden considerarse como un aporte significativo a los nuevos sistemas de gestión de la calidad, y que en muchos casos las empresas aún no son conscientes de ello, y más bien lo ven como una exigencia adicional sin vislumbrar del todo el gran potencial que implica.

7. REFERENCIAS

- [1] Villa, Aníbal Agustín (2017). *Propuestas para el Desarrollo de un Sistema de Gestión de la Calidad, Sector Gestión de Mantenimiento, en una Empresa de Servicios Biomédicos*. Proyecto Final. Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Favaloro. Buenos Aires.
- [2] IRAM/ISO 9001:2015. (2016). *Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos*. Buenos Aires, Argentina.
- [3] Talancón, Humberto P. (2007) *La Matriz FODA: alternativa de diagnostico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones*. 30 de Diciembre de 2016.<http://www.redalyc.org/pdf/292/29212108.pdf>
- [4] Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo de España; Belloví, Manuel B., Ramo, Orriols R. y París, Carles M. (2004). *Análisis modal de fallos y efectos*. AMFE.12 de diciembre de 2016.http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_679.pdf

Capacidades de medición de ozono y Radiación UV en Patagonia Austral y su proyección a la comunidad.

Aroca Bavich, Alejandro^{*(1)}; Salvador Jacobo ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾; Repetto, Carla⁽²⁾; Quiroga, Héctor⁽¹⁾; Reynoso, Natalia⁽²⁾; L'huillier, Kevin⁽²⁾; Quiroga, Jonathan ⁽¹⁾;

*1 Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Cruz Z9400
Av. De los Inmigrantes N° 555. arocabavich@gmail.com*

*2 Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires - Medrano 951 C1179AAQ
3: Centro de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones, CEILAP-UNIDEF (MINDEF-CONICET)*

RESUMEN.

El enfoque del presente busca evaluar la efectividad en la medición de Ozono y Radiación UV, en función de las capacidades instaladas en la localidad patagónica de Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina. Claramente el estudio del adelgazamiento de la capa de ozono es uno de los procesos atmosféricos en escala regional y global de origen antropogénico con mayor impacto en últimos años y los índices de radiación UV asociados resultan de extenso interés para la comunidad local y regional. Las regiones subpolares como la Patagonia austral, son afectadas por este fenómeno, cubriéndose algunas veces de masas de aire con menor contenido de ozono de lo normal, con el correspondiente aumento de la incidencia de radiación solar UV en la superficie. Motivados por este tipo de eventos, la comunidad científica Argentina instaló un observatorio de monitoreo de parámetros atmosféricos en la ciudad patagónica de Río Gallegos en colaboración con investigadores de Japón y Francia. La División Lidar del CEILAP (Centro de Investigación en láseres y Aplicaciones) lleva a cabo la operación, mantenimiento y ejecución de campañas de medición de diferentes componentes atmosféricos, como el ozono estratosférico, radiación UV, Perfiles de temperatura estratosférica y aerosoles, entre otros. Diferentes tipos de instrumentos se encuentran operativos en esta estación, como Láseres lidar, radiómetros, y espectrofotómetros. Se busca analizar la capacidad de medición de estos equipos y las implicancias de su proyección en la comunidad

Palabras Claves: LIDAR, Láseres, Ozono, UV, Patagonia Austral

ABSTRACT

The present work seeks to evaluate the effectiveness of the measurement of ozone and UV radiation, based on the capacities installed in the Patagonian town of Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina. Clearly the study of thinning of the ozone layer is one of the atmospheric processes on a regional and global scale of anthropogenic origin with the greatest impact in recent years and the associated UV radiation rates are of great interest to the local and regional community. Subpolar regions such as Southern Patagonia are affected by this phenomenon, sometimes covering air masses with lower ozone than normal, with the corresponding increase in the incidence of solar UV radiation on the surface. Motivated by this type of event, the Argentine scientific community installed an observatory to monitor atmospheric parameters in the Patagonian city of Río Gallegos in collaboration with researchers from Japan and France. The Lidar Division of CEILAP (Center for Research in Lasers and Applications) carries out the operation, maintenance and execution of measurement campaigns of different atmospheric components, such as stratospheric ozone, UV radiation, stratospheric temperature profiles and aerosols, among others. Different types of instruments are operational at this station, such as Lidar lasers, radiometers, and spectrophotometers. The aim is to analyze the measurement capacity of these instruments and the implications of their projection in the community

1. INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS

Se evalúa la efectividad de medición de Ozono y UV, en base a capacidades instaladas en la ciudad de Río Gallegos, Santa Cruz. El adelgazamiento de la capa de ozono es uno de los procesos atmosféricos regional y global de origen antropogénico de mayor impacto y los índices de radiación UV asociados resultan de extenso interés para la comunidad local y regional. Diferentes tipos de instrumentos se encuentran operativos en esta estación, como láseres del tipo lidar, radiómetros y espectrofotómetros. Se busca analizar la capacidad de medición de estos equipos y las implicancias de su proyección en la comunidad.

El estudio del ozono estratosférico ha sido el objeto de una atención particular desde el descubrimiento del agujero de ozono antártico a principios de los años 1980 [1]. El vínculo directo causa y efecto entre los componentes clorados de origen antropogénico (CFC) y la destrucción del ozono ha sido demostrado experimentalmente desde 1987 cuando se realizó una campaña de mediciones aéreas organizada por la NASA [2] Actualmente, es científicamente admitido que la destrucción masiva de ozono durante la primavera en la Antártida está relacionada a las condiciones meteorológicas particularmente frías de la estratosfera polar en invierno y al aumento de los constituyentes halogenados (clorados y bromados) bajo el efecto de las actividades humanas. El importante enfriamiento de la estratosfera en invierno conlleva a la formación de nubes estratosféricas polares. Las reacciones químicas se producen en la superficie de estas nubes transformando la mayor parte de los componentes halogenados en componentes activos susceptibles de destruir el ozono por los ciclos catalíticos muy rápidos desde la reaparición del sol por encima del polo. En la Antártida, estos procesos químicos conducen a una disminución de alrededor del 60 % del contenido integral de ozono en el mes de octubre, con una desaparición casi completa entre 12 y 20 km. La superficie ocupada por el agujero de ozono antártico ha aumentado regularmente en los años 1990, llegando a $29,7 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ en el 2000. Por otra parte, las mediciones satelitales han mostrado que durante la primavera polar, la acción de las ondas planetarias desplazan el agujero de ozono hacia las regiones pobladas del hemisferio sur (América del Sur, Nueva Zelanda) aumentando puntualmente la radiación solar UV durante estos episodios en estas regiones.

Con el objetivo de contribuir a los esfuerzos internacionales por seguir de cerca la evolución de este fenómeno, se han desarrollado sistemas de censado remoto activo utilizando como emisores a distintas fuentes de radiación láser. Uno de ellos es un instrumento capaz de medir perfiles de la concentración de ozono en la estratosfera. Este sistema utiliza la técnica Lidar (Light Detection and Ranging) [3] de absorción diferencial que consiste en enviar pulsos de radiación láser a la atmósfera y detectar la radiación retrodispersada por las distintas moléculas, en especial por las moléculas de ozono en la estratosfera.

En el año 2004, se programó la campaña SOLAR (Stratospheric Ozone Lidar of Argentina) con el objetivo de medir parámetros atmosféricos en la ciudad patagónica de Río Gallegos [4]. En este trabajo se presentarán resultados de esta experiencia de campo relacionada a la medición de perfiles de ozono con técnica lidar y de su relación con el UV, así como su contraste con otras técnicas de medición y las transferencia e implicancia de ello en la comunidad.

1.2 ALCANCES DEL TRABAJO

En líneas generales el trabajo busca limitarse a la Medición local, de los valores de radiación UV, perfiles de ozono, perfiles de temperatura estratosféricos, aerosoles disueltos y contraste con otras experiencias similares regionales y de trabajos efectuados en el pasado. Se propone evaluar la implicancia e inserción de este trabajo y sus resultados en la comunidad, local y regional.

1.3 MATERIALES Y MÉTODOS

Uno de los instrumentos más completos que alberga el laboratorio experimental en que se realizaron estas actividades es un laser del tipo lidar de absorción diferencial capaz de medir concentraciones de ozono estratosféricos entre 15 y 45 km de altura. Este instrumento fue desarrollado por la División Lidar del Centro de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (CEILAP). [5,6]

La técnica utilizada se denomina "Detección y Rango de Absorción Diferencial de luz" (DIAL – Differential Absorption Light Detection and Ranging) la cual requiere de la emisión de dos pulsos láser con diferentes longitudes de onda. La radiación absorbida por el ozono es emitida por un láser de excímero de XeCl en 308 nm y la longitud de onda de referencia es emitida por un láser sólido de Nd-YAG en 355 nm (tercera armónica).

Los fotones retrodispersados por las moléculas en la atmósfera son recolectados por cuatro telescopios newtonianos de 50 cm de diámetro cada uno y esta información es transportada hasta un espectrómetro por cuatro fibras ópticas. Allí son separadas las distintas longitudes de onda necesarias para la inversión de la señal y poder obtener los perfiles de concentración de ozono en la estratosfera, un esquema de la descripción de sus partes se muestra en la figura 1.

El sistema DIAL es un instrumento poderoso para el monitoreo de perfiles de ozono en la estratosfera [7]. Se trata de una técnica autocalibrada ya que para los cálculos de inversión de las señales no intervienen constantes instrumentales.

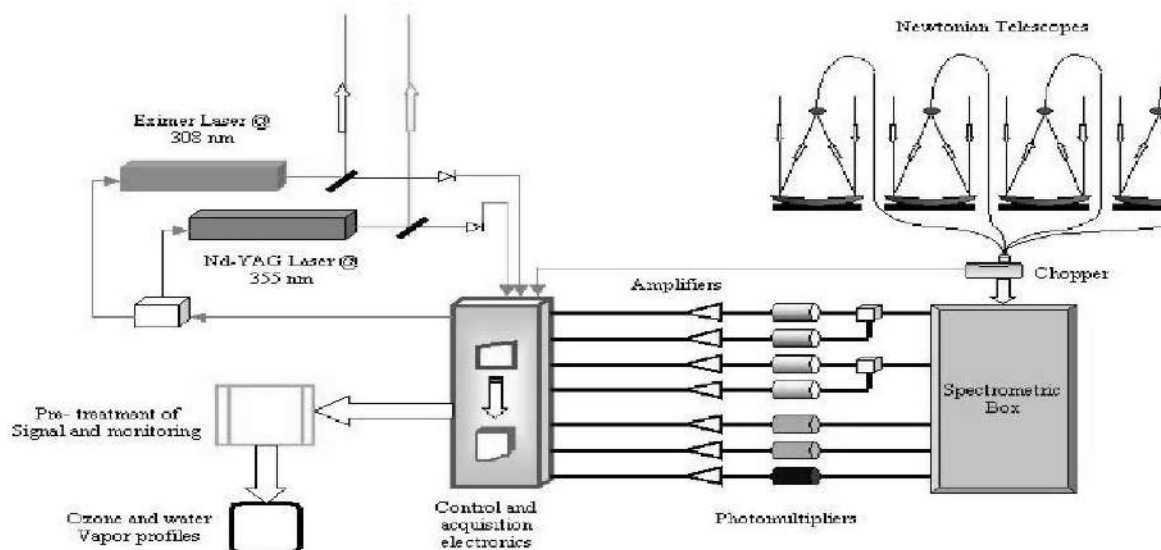


Figura 1: Esquema del lidar de absorción diferencial.

También se encuentra alojado en el laboratorio un radiómetro GUV 541 de la firma Biospherical Instruments que mide espectralmente diferentes longitudes de onda dentro de los espectros Ultravioleta A (UVA) y Ultravioleta B (UVB). Este permite calcular los valores de columna total de ozono a partir de la irradiancia espectral medida.

El GUV 541 posee cinco canales de medición de UV con longitudes de onda en 305, 313, 320, 340 y 380 nm cada una en un ancho de banda de 10 nm (FWHM) aproximadamente.

La forma de derivar el valor de columna total de ozono se basa en la obtención del cociente de irradiancia en 340 y 305 nm alrededor del mediodía solar los cuales son comparados con los cocientes de las irradiancias modelizadas también en 340 y 305 nm para una amplia variedad de valores de columna total de ozono [8], desde 10DU hasta 700DU y para diferentes ángulos cenitales, utilizando el modelo de transferencia de radiación TUV (Tropospheric Ultraviolet-Visible Model) desarrollado por Madronich el cual utiliza la aproximación del método two-stream en la que la distribución angular de la intensidad o radiancia está representada por una función simple que permite expresar la ecuación integrodiferencial de transferencia radiativa en términos matemáticamente resolubles, utilizando en su solución el esquema delta-Eddington, dicha tabla sintética se puede visualizar en la figura 2 para el mes de octubre, superponiendo a la misma los cocientes de irradiancia 340/305 nm adquiridos por el instrumento en ese mismo período. A partir de la interpolación lineal entre los cocientes obtenidos con los datos de irradiancia del GUV 541, que es siempre posible partiendo de la suposición de que ambas longitudes de onda son atenuadas de la misma manera por la nube así se hace posible inferir el valor de la columna total de ozono a partir del dato producido.

2. DESARROLLO

Claramente el estudio del adelgazamiento de la capa de ozono es uno de los procesos atmosféricos en escala regional y global de origen antropogénico con mayor impacto en últimos años y los índices de radiación UV asociados resultan de extenso interés para la comunidad local y regional. Las regiones subpolares como la Patagonia austral, son afectadas por este fenómeno, cubriéndose algunas veces de masas de aire con menor contenido de ozono de lo normal, con el correspondiente aumento de la incidencia de radiación solar UV en la superficie. Motivados por este tipo de eventos, la comunidad científica Argentina instaló un observatorio de monitoreo de parámetros atmosféricos en la ciudad patagónica de Río Gallegos en colaboración con investigadores de Japón y Francia. La División Lidar del CEILAP (Centro de Investigación en láseres y Aplicaciones) lleva a cabo la operación, mantenimiento y ejecución de campañas de medición de diferentes componentes atmosféricos, como el ozono estratosférico, radiación UV, Perfiles de temperatura estratosférica y aerosoles, entre otros. Diferentes tipos de instrumentos se encuentran operativos en esta estación, como Láseres lidar, radiómetros, y espectrofotómetros.

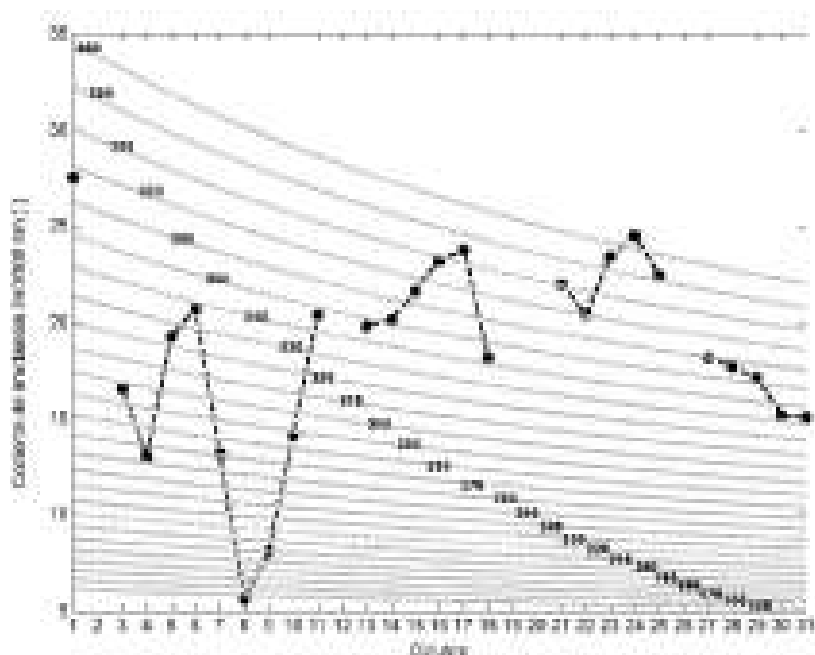


Figura 2: Tabla sintética, de los cocientes de irradiancia espectral, calculado con el modelo TUV para el mes de octubre del 2005 (línea continua), en el que se superpusieron los cocientes de irradiancia espectral medido por el instrumento en el mismo período (línea punteada).

Siendo que el ozono estratosférico cumple un rol de filtro para las radiaciones ultravioletas, resulta de principal interés analizar la capacidad de medición de estos equipos en contraste con otras técnicas de censado remoto y las implicancias de su proyección en la comunidad, en base a los registros obtenidos periódicamente y la comparativa analítica de estos, con otras fuentes de información afines.

Se realizaron fuertes mediciones de ozono, dentro de la campana SOLAR liderada por el CEILAP, los resultados obtenidos del uso del LIDAR durante esta, fueron registradas diversas mediciones de ozono a lo largo de los meses y años, principalmente aquellos más comprometidos con la extensión del vórtice polar y posteriormente se llevó a cabo un trabajo de medición y validación en conjunto con el laboratorio de Ozono y medición de radiación ultravioleta de la universidad de Magallanes, cita en la localidad de Punta Arenas, Chile.

La campana de ozono sondeos para validación en rio gallegos se llevó a cabo durante 2010 realizando lanzamientos de 5 sondas que registraron la cantidad de ozono hasta los 32km de altitud. Esta campana se complementó con 2 más en 2011 de similares características.

Los resultados de esta acción conjunta fueron coincidentes obteniendo una gran certidumbre al respecto de la viabilidad de este instrumento. Esto permitió realizar mediciones de forma continua, sistemáticas y permanentes de los perfiles de ozono estratosféricos y como estos varían estacionalmente.

Esta certidumbre, en conjunto con la instalación de otros equipos para el censado remoto de ozono, tanto a través de las técnicas activas descritas, como por técnicas pasivas repercutió en el interés para la validación de diversos equipos satelitales para la observación de la atmosfera por citar alguno de ellos, el instrumento OMI en el satélite AURA (NASA) o el instrumento GOMOS a bordo del satélite ENVISAT (ESA). Los primeros resultados en este campo fueron reportados internacionalmente, y el lidar de absorción diferencial para la medición de ozono estratosférico instalado en la ciudad de Río Gallegos fue uno de los instrumentos que participó en la campana VALIDAR (GOMOS Validation with Lidars).

Se realizó otra campana de validación en conjunto de radiómetros con Chile, en él se calibraron y se contrastaron los instrumentos GUV 541 de Argentina y GUV 511 de Chile, en el marco del proyecto "Fortalecimiento de la capacidad de Medición de la Capa de ozono y la Radiación UV en la Patagonia Austral y su proyección hacia la comunidad". Esta actividad se llevó a cabo en el laboratorio de la Universidad de Magallanes, para evaluar la estabilidad de medición de los Radiómetros.

La combinación de las mediciones de estos instrumentos en conjunto con modelos de transferencia de radiación permitieron obtener productos geofísicos derivados, tales como el contenido total de la columna de ozono, el índice UV y el espesor óptico de nubes, incluso nuevas aplicaciones de esta

sinergia de mediciones y modelos han permitido calcular la síntesis de vitamina D, pudiéndose relevar los primeros resultado de este tipo para la ciudad de Río Gallegos y la implicancia derivada de ello en la transferencia a la comunidad.

El avance conjunto de estas actividades y la posibilidad de validación cruzada crearon las condiciones para radicar mayor cantidad de equipos a lo largo de los años, tanto para la mencionada contrastación, como para incursionar en nuevas temáticas que aporten a la comunidad y el desarrollo científico, actualmente el laboratorio cuenta con el siguiente equipamiento.

Tabla 1 – *Listado de equipos en el laboratorio.*

Instrumento	Institución	País
Radiómetro UV-A	CEILAP	Argentina
Radiómetro UV-B	CEILAP	Argentina
Espectrómetro SAOZ. Columna total de ozono	SAOZ Network	Francia
Piranómetro: radiación Solar visible	CEILAP	Argentina
Radiómetro de banda Moderada GUV	CEILAP	Argentina
Espectrómetro Brewer. Columna total de ozono	CEILAP	Brasil
LiDAR DIAL: perfiles de ozono estratosférico	CEILAP/INPE	Argentina
LIDAR Rayleigh-Mie: perfiles de temperatura y aerosoles	CEILAP	Argentina
Antena de VLF: detección de rayos	CEILAP/Universidad de Washington	USA
Radiómetro de ondas milimétricas: perfiles de ozono mesosféricos	Universidad de Nagoya	Japón
Fotómetro solar: medición de aerosoles	CEILAP / NASA	USA
Estación meteorológica	CEILAP	Argentina

2.1 PERFILES DE OZONO – RADIACIÓN UV

Durante el transcurso de la primavera austral y antártica el agujero de la capa de ozono se extiende de forma tal que las localidades australes de Río Gallegos, Argentina y Punta Arenas Chile entre otras se ven afectadas fuertemente por el debilitamiento de esta, se puede observar el comportamiento descrito en la Figura 3. [9,10]

2.2 MEDICIÓN DE AEROSOLES

Una muestra de aire normalmente contiene pequeñas partículas sólidas y líquidas suspendidas, las cuales poseen tamaños menores a 0,01 µm de radio. A estas partículas se las denomina aerosoles y pueden tener varios orígenes, tanto naturales como artificiales. Estos aerosoles tienen una gran influencia en el balance de radiación terrestre, como así también en la química de la atmósfera. La cantidad de aerosoles atmosféricos se puede medir a través de la técnica Lidar, en validación con fotómetros solares. [9,10]

2.3 PERFILES DE TEMPERATURA

El objetivo general es poder estudiar y caracterizar, la atmósfera media por medio de perfiles de temperatura en la estratosfera (15 a 60 km) observados desde tierra mediante el uso de instrumentos de censo remoto activo (Lidar Rayleigh estratosférico) y el Radiómetro de ondas milimétricas. La estratosfera es una región de intensas interacciones entre procesos químicos, dinámicos y de radiación. Desde el punto de vista de la temperatura, la estratosfera es más caliente que el límite superior de la tropósfera debido fundamentalmente a que el 90% del ozono se encuentra en esta región, absorbiendo radiación solar ultravioleta. El fenómeno de destrucción de ozono en el interior del Vórtice Polar durante la primavera antártica, por reacciones catalíticas de compuestos halogenados en presencia de radiación solar, fue observado por primera vez, y de forma simultánea, por Chubachi en la base japonesa de Syowa y por el TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) de la NASA a bordo del satélite NIMBUS-7. Dichas destrucciones alcanzan áreas superiores a los 20 millones de Km², alcanzando regiones como la Patagonia Austral. Las temperaturas medias globales en la estratosfera han disminuido de acuerdo a las observaciones que comenzaron alrededor de la década de los '60. Esta disminución se atribuye principalmente a la disminución del ozono, el incremento del dióxido de carbono y los cambios en el vapor de agua. Sin embargo existe un mecanismo de retroalimentación entre la temperatura y el contenido de ozono que hace necesario monitorear ambos parámetros independientemente. Las temperaturas en la estratosfera afectan el contenido de ozono en esta región de la atmósfera a través de procesos químicos y de transporte.

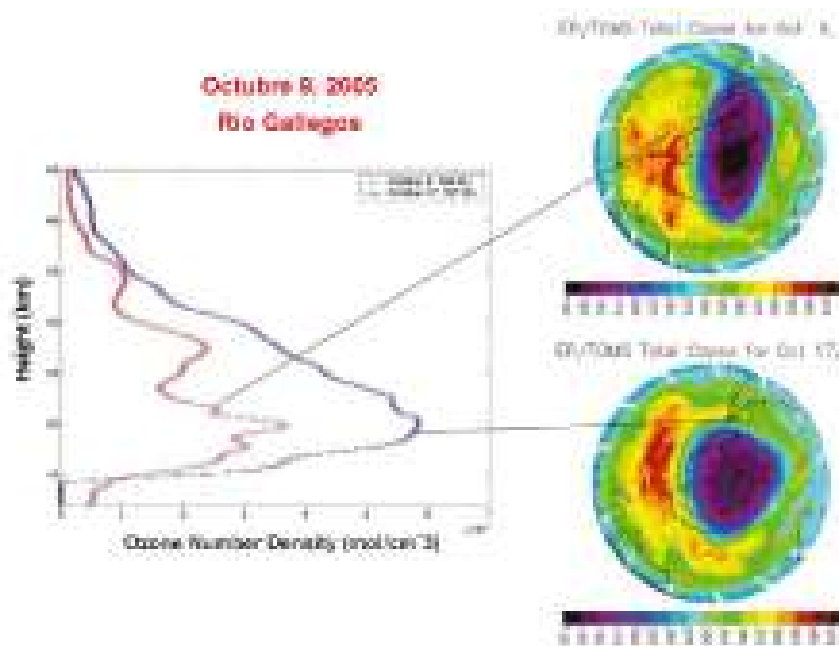


Figura 3: *perfiles de ozono medidos con la técnica Lidar de absorción diferencial en Rio Gallegos, para dos días de Octubre 2005 (Izquierda), en contraste con el perfil normal (Derecha)*

Incrementos futuros en los niveles de CO₂ continuarán contribuyendo al enfriamiento estratosférico global. Por otro lado, los procesos fotoquímicos de destrucción del ozono se ralentizan en ciertas regiones (fuera de la zona Antártica) cuando la temperatura decrece provocando que la recuperación del ozono pueda verse acelerada. Actualmente se ejecuta en este laboratorio un proyecto para la generación de datos atmosféricos en la confección de bases de datos climatológicas, lo cual es de suma importancia para la investigación y entendimiento de diferentes procesos atmosféricos. Además se buscarán mejoras tecnológicas que permitan aumentar las capacidades de observación mediante el mejoramiento de óptica y sistemas electrónicos de control. La implementación de la técnica lidar (activa) y sensores pasivos como radiómetros (pasivos) en áreas de investigación relacionadas con la medición de temperatura es prioritaria para el avance del conocimiento en latitud con pocas o casi ninguna observación desde tierra.



Figura 4: *Solmaforo y cartelería asociada de interpretación.*

2.4 DIVULGACIÓN Y ACTIVIDADES CON LA COMUNIDAD

La intención de acercar estas problemáticas así como la actividad científica a la comunidad en general, se vieron plasmadas en los múltiples esfuerzos efectuados. Para ello se valió del uso de eventos de divulgación y charlas, seminarios y distribución de folletería informativa. Dos actividades destacadas fueron el uso de biosensores entregados a alumnos de escuelas, los cuales eran parte de un kit, que permitía medir la exposición a la radiación solar por intermedio de dosímetros, durante el lapso de 5 días, en el caso de cada alumno que participo de la experiencia, se realizaron 9 experiencias similares en total.

Otra actividad relevante es la instalación de un "Solmaforo" en la agencia ambiental, órgano parte de la municipalidad de Río Gallegos, con el cual se puede observar en Tiempo real el índice de radiación UV incidente a nivel de suelo, y se representa gráficamente a través de un código de colores, el cual permite a la comunidad evaluar los riesgos de exposición, puede observarse el instrumento y su cartelería de interpretación en la Figura 4

3. CONCLUSIONES

En este trabajo describió las capacidades de medición del sitio experimental del CEILAP en la ciudad de Río Gallegos para el monitoreo del ozono estratosférico como así también de instrumentos complementarios de censado de radiación solar dentro del UV, los aerosoles en suspensión y los perfiles de temperatura estratosféricos asociados. Estas mediciones permitieron determinar los periodos y zonas de la estratosfera en donde la concentración de ozono es más afectada por el paso del vórtice polar sobre Río Gallegos. Su comparativa con otros resultados regionales permitió analizar la implicancia de estos cambios para la comunidad. Finalmente el uso extendido y diversidad de equipos contrastados tanto en Argentina como en Chile y los instrumentos satelitales asociados, todo ello en conjunto permite aseverar que la validación de las mediciones es adecuada y las capacidades de medición son y fueron adecuadas para el desarrollo de las actividades planteadas. El acercamiento a la comunidad fue permanente y las actividades más fuertes y relevantes fueron la medición a partir del uso de biosensores y la instalación del solmaforo, ambas con una repercusión positiva y buena apropiación por parte de la comunidad.

4. REFERENCIAS

- [1] Farman, J. C., B. G. Gardiner, J. D. Shanklin, Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO_x/NO_x interaction, *Nature*, 315,207-210,1985 Word Meteorological Organization, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1998, Word Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring project, Report N 44, Genova 1999
- [2] Anderson J.G., W.H. Brune M.H. Proffitt, Ozone destruction by chlorine radicals within the Antarctic vortex: The spatial and temporal evolution of ClO-O₃ anticorrelation based on in situ ER-2 data, *J. Geophys. Res.*, 94, 11465-11479, 1989.
- [3] Megie, G., Menzies, R. T. Complementary of UV and IR Differential Absorption Lidar for global measurements of atmospheric species. *Appl. Opt.*, 19, 1173 (1980).
- [4] Wolfram, E., B. Milicic, A. Pazmiño, O. Bonfili, J. Salvador, J. Pallotta, H. Nakane, S. Godin-Beekmann, E. Quel, Estudio de la factibilidad de la campaña solar para la medición de ozono estratosférico utilizando láser en Río Gallegos, CONGREGMET IX , Octubre 3-7, 2005, Buenos Aires, Argentina
- [5] Wolfram, E., Pazmiño, A., Otero, L., Salvador, J., Piacentini, R., Porteneuve, J., Godin-Beekmann, S., Quel, E. Stratospheric ozone lidar mobile system at Buenos Aires, Argentina. Reviewed and Revised Papers Presented at the 22nd International Laser Radar Conference (ILRC 2004), ESA, SP-561 Vol. II. Matera - Italia. ISBN 92-9092- Julio 2004. Pags. 589-592
- [6] Wolfram Elian, Jacobo Salvador, Lidia Otero, Andrea Pazmiño, Jacques Porteneuve, Sophie Godin-Beeckmann, Hideaki Nakane, Eduardo Quel. SOLAR CAMPAIGN: STRATOSPHERIC OZONE LIDAR OF ARGENTINA. Proceeding SPIE Vol. 5887, p.251-256, Lidar Remote Sensing for Environmental Monitoring VI San Diego, Upendra N. Singh; Ed. (August 2005)
- [7] Godin, S. Etude expérimentale par télédétection laser et modélisation de la distribution verticale d'ozone dans la Haute Province, Thèse d'Etat, Paris (1987).
- [8] Stamnes K, J. Slusser, M Bowen. Derivation of total ozone abundance and cloud effects from spectral irradiance measurements. *APPLIED OPTICS/ Vol 30, No 30/ 20 octubre 1991*
- [9] Salvador, J. Et Al. *Monitoreo del contenido de ozono estratosférico y la radiación solar UV en superficie durante la campaña SOLAR*. V Congreso Iberoamericano de Física y Química Ambiental. Mar del Plata, Argentina, 2008
- [10] Salvador, J. Et Al. *Monitoreo de ozono y radiación UV en la estación CEILAP-RG*. Decimo congreso argentino de meteorólogos CONGREGMET X 2009

Diseño de filtros sustentables para tratamiento de efluentes

Lopez Tomás¹; Príncipe López Jesús Benjamín¹; Mathov Ariel²; Alonso Andrés Ezequiel²; Caracciolo Nestor¹; Boeykens Susana¹

¹Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Laboratorio de Química de Sistemas Heterogéneos (LaQuíSiHe), Av. Paseo Colón 850, CABA, C1063ACV. E-mail: laquisihe@fi.uba.ar

²Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Laboratorio Diseño de Producto.

RESUMEN.

Con la finalidad de diseñar reactores tubulares de bajo costo para la remoción de contaminantes se fabricaron reactores de tipo tubular y tanque agitado continuo, los cuales nos permitirán estudiar la funcionalidad de distintos rellenos. Para alcanzar el objetivo se utilizaron tubos de acrílico transparente que permitieran realizar un seguimiento del comportamiento del flujo en el lecho, con racores comerciales en los extremos y piezas diseñadas e impresas en 3D. El tanque agitado continuo cumple con la finalidad de corroborar la cinética encontrada en reactores de tipo discontinuo. El propósito de la elección del reactor de tipo tubular es maximizar la superficie de contacto entre el contaminante y el adsorbente; y la ausencia de agitación. Se construyeron reactores de diversos volúmenes con el objeto de medir las desviaciones de la idealidad ante distintos saltos de escala, lo que permitirá diseñar el prototipo con mayor certeza. Para conocer el funcionamiento fluidodinámico, se realizaron ensayos con soluciones patrón y relleno inerte, obteniendo el módulo de dispersión axial. Éste módulo mide la desviación del comportamiento real del sistema respecto del flujo-pistón.

Palabras Claves: Agua, Contaminantes, Sorción, Reactores TUB, impresión 3D.

ABSTRACT.

With the purpose of designing low cost tubular reactors for the removal of pollutants, tubular and continuous stirred tank reactors were made, which will allow us to study the functionality of different fillings. In order to achieve this goal, transparent acrylic tubes were acquired to monitor the flow behavior in the bed, with commercial end fittings and parts designed and printed in 3D. The continuous stirred tank reactor works to corroborate the kinetics found in reactors of discontinuous type. The purpose of the choice of the tubular reactor is to maximize the contact surface between the contaminant and the adsorbent and the absence of agitation. Reactors of various volumes were built in order to measure the deviations of ideality from different levels of scale, which will allow designing the prototype with greater certainty. In order to discover the fluid dynamics, tests were performed with standard solutions and inert filler, obtaining the axial dispersion module. This module measures the deviation of the actual behavior of the system from the piston-flow.

1. INTRODUCCIÓN.

Los cuerpos de agua disponibles no suelen cumplir con los requisitos deseados, ya que generalmente se encuentra contaminada. Esta contaminación puede ser antropogénica o no; en una región amplia del país, desde el norte hacia el centro, existe una concentración de arsénico presente en las napas debida a algún fenómeno geológico ocurrido en el pasado. Lo mismo ocurre con el Boro en la región de San Juan. La contaminación debida al hombre puede ser tanto de origen físico-químico como biológico y son numerosas las fuentes que la generan, desde las vertientes industriales hasta la presencia excesiva de residuos de la vida cotidiana [1]. Extraer el contaminante se vuelve entonces no sólo un requisito legal, sino que también urge por la salud de quienes se abastecen de ella y de la población en general. La sorción en lechos rellenos es una tecnología bien demostrada para la retención de contaminantes en aguas [2].

El objetivo general del trabajo consta del diseño de reactores tubulares sustentables para la retención de contaminantes en agua hasta valores regulados por la legislación. Para alcanzar dicha finalidad se probó la capacidad de sorción de distintos desechos sólidos industriales, dado que el costo de los mismos sería despreciable frente al de aquellos materiales de probada sorción y se lograría una doble finalidad: una mayor accesibilidad y la reutilización de los desechos [3]. En la búsqueda de la utilidad de un sólido, se disponía de datos cinéticos de la sorción de cobre y fosfato en dolomita para un reactor de tipo agitado discontinuo, los cuales se comprueban en uno de tipo agitado continuo, para luego pasar al diseño del modelo que se utilizará industrialmente que es el tubular. El propósito de la elección de este reactor es por la maximización de la superficie de contacto entre el relleno y el agua a tratar, mejorando la retención del ión de interés. Además, el dispositivo no necesita agitación [4].

Para reactores de tipo TAD y TAC, el método más común de agitado consiste en un eje con “paletas” en su extremo, sumergido en el seno del líquido y que gira bajo la acción de un motor. El flujo tangencial genera la formación de un vórtice, que sólo favorece la estratificación en varios niveles y empuja, por centrifugación, los sólidos hacia las paredes, que luego caen a la base del recipiente produciendo allí una zona de mayor concentración. Para contrarrestar este efecto se puede optar por desplazar el eje del centro del tanque, inclinarlo o introducir deflectores que impiden la formación del vórtice [5].

La sorción es un fenómeno físico-químico que describe la retención de una sustancia en un determinado sólido. Una agitación a través de paletas podría modificar la granulometría del relleno así como provocar la desorción del ión por la energía involucrada en el golpe. Se estudiaron métodos alternativos que resulten accesibles y aplicables en el laboratorio.

La agitación orbital es un método muy utilizado, especialmente en escala laboratorio, en la cultura de células animales en suspensión. Para reactores con partículas en suspensión, la eficiencia de este tipo de mezclado se encuentra probada eligiendo bien la velocidad angular de agitación [6].

Con vistas a elaborar un prototipo a nivel industrial se diseñaron reactores tubulares de diversos tamaños a escala laboratorio para poder predecir con cierta exactitud un volumen adecuado del modelo final. Por otro lado, se calculó el módulo de dispersión axial, el cual nos indica si los reactores de prueba se comportan según el modelo supuesto (flujo-pistón) por comparación entre los valores experimentales y los teóricos ideales.

Resumiendo; el objetivo general es: diseñar reactores tubulares sustentables para la retención de contaminantes presentes en agua. Para tal fin, pueden identificarse distintos objetivos específicos:

1. Diseño de un reactor TAC utilizando piezas impresas en 3D.
2. Diseño de reactores TUB de distintos volúmenes utilizando piezas impresas en 3D.
3. Realización de ensayos fluidodinámicos utilizando microesferas de vidrio.
4. Corroboración del comportamiento fluidodinámico del reactor TUB por cálculo del coeficiente de dispersión axial.

2. DESARROLLO.

El diseño de los reactores depende de distintas variables: la velocidad a la que ocurre la sorción, el caudal a tratar, la concentración de ingreso del contaminante y la que se desea alcanzar. En base a estos datos se puede calcular el tiempo necesario para lograr reducir la presencia del ión al valor requerido. Éste debe ser igual al valor del tiempo de residencia dentro del reactor, que es lo que tarda en recorrer el total del filtro una gota de la solución, y que idealmente se calcula como el cociente entre el volumen del reactor y el caudal de ingreso. A los efectos de operar de manera continua, se debe disponer un sistema de reactores en paralelo de modo tal que siempre haya un reactor con relleno disponible para la retención.

El estudio de los adsorbentes para analizar su funcionalidad requiere de distintos pasos. En primer lugar se debe estudiar la cinética de reacción de un determinado contaminante en un reactor de tipo TAD (Figura 1), colocando una dada masa del sólido en estudio y un volumen de solución patrón del ion. Con los resultados puede calificarse el material sorbente por su capacidad de

retención; en caso de ser útil para tal fin, se procede a corroborar la cinética encontrada en un reactor TAC. Para culminar el procedimiento, se prueba la capacidad del sorbente en un reactor TUB utilizando para su diseño esta ecuación cinética y, luego, se practican saltos de escala para medir las desviaciones de la idealidad.



Figura 1: Reactores TAD

En lo respectivo al reactor TUB, en el laboratorio se disponía de uno de metal. Si bien era funcional, la problemática residía en la imposibilidad de observar el relleno y la detección de posibles volúmenes muertos y/o burbujas de aire que alejan el reactor del comportamiento flujo pistón. Para salvar esta problemática, se optó por diseñar reactores con cuerpos cilíndricos de acrílico de distintos tamaños que brinden la posibilidad de realizar un seguimiento del sistema a lo largo del tiempo y cuyas piezas, en su mayoría, fueron diseñadas con el programa SolidWorks®, para ser impresas 3D.

2.1. Reactor TAC

Para diseñar el reactor TAC (Figura 2), se eligió utilizar un tubo cilíndrico de acrílico y tapas plásticas cuadradas. A éstas últimas se le realizaron canaletas de diámetros interno y externo iguales a la del cilindro donde se coloca un “o-ring” para evitar pérdidas. Las tapas se sujetaron al cilindro a través de 4 varillas roscadas con tuercas.

Se diseñó un soporte el cual contenía un espacio destinado al encastre de cuatro distintos deflectores móviles de acrílico para evitar la formación del vórtice, favoreciendo el mezclado. Posteriormente, los deflectores se diseñaron solidarios a la estructura del soporte.

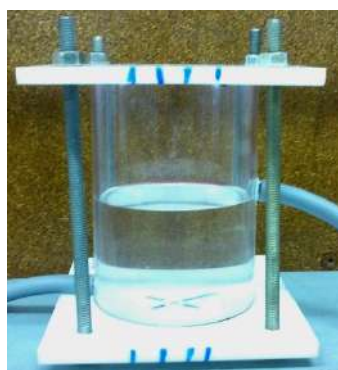


Figura 2: Reactor TAC

2.2. Reactor TUB

En el caso de los reactores tubulares, se diseñaron de diversos volúmenes con la finalidad de encontrar relaciones útiles para el salto a escala industrial. Bajo la suposición del modelo flujo-pistón y en estado estacionario, el volumen teórico del reactor puede encontrarse según la siguiente relación (1), según [4]:

$$V_T = -F_v \int_{C_0}^C \frac{dC}{r} \quad (1)$$

Por otro lado, el volumen real de flujo líquido puede encontrarse como la productoria entre el volumen del cilindro y la porosidad del lecho (2):

$$V_R = \pi r^2 L \epsilon_{LR} \quad (2)$$

Se busca encontrar una correlación entre el volumen teórico y el real, para poder predecir un volumen de diseño ($V_{\text{diseño}}$) aproximado a partir del volumen teórico calculado que sea funcional a lo requerido. Para poder encontrar esta correlación se diseñaron siete reactores tubulares de distinto volumen (Figura 3).



Figura 3: Reactor TUB

Se realizaron pruebas de laboratorio en el reactor de 31,3 cm³ relleno de microesferas de vidrio ($d=500 \mu\text{m}$), alimentándose una solución de Cu^{+2} de concentración conocida y midiendo a intervalos uniformes de tiempo la concentración a la salida del lecho relleno, mediante un espectrofotómetro. Graficando C/C_0 vs t , donde C es la concentración a la salida del reactor y C_0 es la concentración de la solución que se alimenta, se obtienen las llamadas “curvas de ruptura”. Para lechos rellenos que se describen por el modelo flujo-pistón, las curvas presentan forma sigmoidea [7].

Una forma de testear la performance fluidodinámica de un TUB es a través del modelo de dispersión axial. Este modelo caracteriza el transporte de materia en la dirección axial en términos de una difusividad longitudinal aparente o efectiva, que se superpone al flujo en pistón. El modelo supone también que la velocidad y concentración de los reactantes es constante a lo largo del diámetro de la conducción; la magnitud de la dispersión se considera independiente de la posición dentro del recipiente, por lo tanto no se consideran ni regiones estancadas ni cortocircuitos de fluido. Como el proceso de mezcla implica un reagrupamiento o redistribución de materia por deslizamiento o formación de remolinos, y esto se repite un número considerable de veces durante el flujo del fluido a través del recipiente, se puede considerar que estas perturbaciones son de naturaleza estadística, como ocurre con la difusión molecular. En consecuencia, la ecuación diferencial que rige este modelo tiene la forma dada por la ley de convección-difusión (3):

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - u \frac{\partial C}{\partial x} \quad (3)$$

Donde D es el coeficiente de dispersión longitudinal o axial y u la velocidad del fluido. Esta ecuación puede adimensionalizarse haciendo $z=x/L$, $\theta=t/\tau$ y $C\theta=C/C_0$ para dar (4):

$$\frac{\partial C_\theta}{\partial \theta} = \left(\frac{D}{uL}\right) \frac{\partial^2 C_\theta}{\partial z^2} - \frac{\partial C_\theta}{\partial z} \quad (4)$$

Donde el grupo adimensional $D/(uL)$ se denomina módulo de dispersión del recipiente. Cuando este módulo tiende a 0, se considera que la dispersión es despreciable y el reactor se comporta como un flujo pistón. Considerando las condiciones de contorno relativas a un recipiente fluidodinámicamente cerrado, la varianza en función del módulo de dispersión viene dada por (5):

$$\sigma_\theta^2 = \frac{\sigma^2}{\tau^2} = 2 \frac{D}{uL} - 2 \left(\frac{D}{uL}\right)^2 (1 - \exp\left(-\frac{uL}{D}\right)) \quad (5)$$

De modo que, a partir de datos experimentales, se puede estimar el módulo de dispersión a través de la varianza (6), según [4]:

$$\sigma^2 = \frac{\sum t_i^2 C_{0i}}{\sum C_{0i}} - \left[\frac{\sum t_i C_{0i}}{\sum C_{0i}} \right]^2 \quad (6)$$

Los reactores tubulares se diseñaron usando tubos cilíndricos de acrílico de distintos diámetros, de manera de poder realizar un seguimiento visual del sistema. Para los tubos de 20 y 40 mm de diámetro externo se adquirieron racores y sus correspondientes reducciones, de modo de conectar las líneas de alimentación y salida del reactor.

Por otra parte, para los tubulares de menor tamaño no se dispone comercialmente de racores que sirvieran para nuestro fin. Es por eso que se optó por diseñar e imprimir las tapas en 3D (Figura 4), que van a obrar como adaptadoras de la manguera al sistema mientras que retienen al sólido dentro del mismo por mallado de las conexiones. En la primera experiencia se observó un buen cierre de las tapas, pero también pérdidas por las paredes de la estructura y en la conexión manguera-pico.



Figura 4: Tapas diseñadas en 3D

En lo que respecta a los reactores TUB de 20 y 40 mm de diámetro se optó por colocar un trozo circular de malla (de diámetro mayor al externo del cilindro) en ambos extremos del tubo de acrílico, con el objetivo de retener el sólido en el sistema. Al colocar los racores se observaron rasgaduras en la malla.

Las pruebas en el laboratorio del primer prototipo de TAC se realizaron con agua y evidenciaron diversas problemáticas. Si bien el diseño preliminar comprendía la posibilidad de variar los deflectores según se deseara, los mismos se desacoplaron con frecuencia. Es por eso que se optó por diseñar una única estructura con los deflectores fijos.

2.3. Tareas realizadas en el laboratorio Diseño de Producto.

Se diseñaron cilindros de diámetro ligeramente más pequeño que el interior de cada racor, de manera que sujete la malla con el objetivo de retener el sólido dentro del sistema. Se cortaron los tubos de acrílico de manera tal que se obtuvieran reactores de múltiplos de volumen. En base al reactor de volumen V (31,3 cm³), se realizaron reactores de $1/10 V$, $1/8 V$, $2 V$, $4 V$, $6 V$ y $8 V$ (Figura 5).



Figura 5: Banco de reactores continuos.

Para los tubos de diámetro menor a 20 mm se diseñaron tapas de diámetro ligeramente inferior para que los mismos pudieran colocarse a presión, debido a la ausencia de oferta en el mercado se diseñaron tapas con una salida en la pared lateral formando un ángulo recto y con un escalón por encima de la misma que obra de tope.

Luego se practicó una salida en la pared lateral formando un ángulo negativo respecto de la normal de la pared, para la tapa inferior y superior. Se imprimieron con una mayor precisión de hilado, se aumentó altura y se imprimió un pico de salida de forma cónica, angulado con respecto a la normal.

Se diseñaron picos con doble salida y con salida central.

2.4. Materiales

Se adquirieron tubos de acrílico de diámetro 10, 15, 20 y 40 mm Acrílicos Mesch SA (Av. Vernet 139, CABA, Argentina), racores de diámetro 20 y 40mm en Plásticos Perú S.R.L (Perú 475, CABA, Argentina), microesferas de vidrio (Terminales Río de la Plata, Ramón Castillo y Comodoro Py, CABA, Argentina), tela tipo Arciel, malla 35, filamento PLA Makerbot®, llaves de paso plásticas (Acuario Decorpez, Salta 120, CABA, Argentina).

Se utilizó $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (British Drug Houses®), agitadores magnéticos (BioMint® modelo BM021), una bomba peristáltica (APEMA® PC25), una impresora 3D MakerBot® Replicator, mangueras de plástico de diversos materiales y diámetros.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.

Se graficó la curva de ruptura (Figura 6) para el reactor tubular de 31,3 cm³ relleno de microesferas de vidrio (malla 35) a un caudal de 0,1 mL/min con una solución patrón de sulfato de cobre (II) 0,096M.

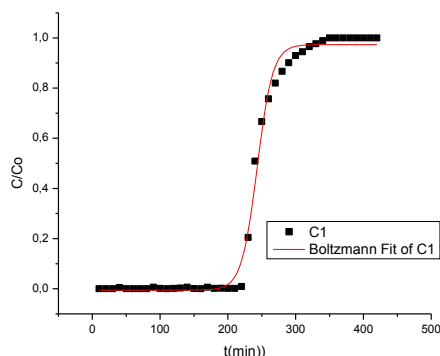


Figura 6: Curva de ruptura de ensayo fluidodinámico.

Se realizó la curva de calibración con distintas soluciones patrón de cobre (II). Se registraron los resultados en una tabla y se calcularon las variables necesarias para el cálculo del módulo de dispersión (Tabla 1).

Tabla 1: Valores para el cálculo del módulo de dispersión

Co(mol/l)	τ (min)	σ^2	$\sigma\theta^2=\sigma^2/\tau^2$	$\sum C\theta_i$	$\sum t_i \cdot C\theta_i$	$\sum t_i^2 \cdot C\theta_i$	D/uL
1,23	313	737,603	0,00753	31,25	1708,78	116489,4	0,004257193

t(min)	C (mol/l)	$\theta=t/\tau$	$F(\theta)=C/Co$	$\Delta F(\theta)$	$\Delta\theta$	t^2	$C\theta=\Delta F(\theta)/\Delta\theta$	$t_i \cdot C\theta_i$	$t_i^2 \cdot C\theta_i$
10	0,002	0,03195	0,00163	0,00000	0,03195	100	0,00000	0,00000	0,00000
20	0,002	0,06390	0,00163	0,00732	0,03195	400	0,22902	4,58049	91,60976
30	0,011	0,09585	0,00894	0,19593	0,03195	900	6,13276	183,98293	5519,48780
40	0,252	0,12780	0,20488	0,30407	0,03195	1600	9,51724	380,68943	15227,57724
50	0,626	0,15974	0,50894	0,15772	0,03195	2500	4,93675	246,83740	12341,86992
60	0,82	0,19169	0,66667	0,09024	0,03195	3600	2,82463	169,47805	10168,68293
70	0,931	0,22364	0,75691	0,06260	0,03195	4900	1,95943	137,16016	9601,21138
80	1,008	0,25559	0,81951	0,04715	0,03195	6400	1,47593	118,07480	9445,98374
90	1,066	0,28754	0,86667	0,03415	0,03195	8100	1,06878	96,19024	8657,12195
100	1,108	0,31949	0,90081	0,02846	0,03195	10000	0,89065	89,06504	8906,50407
110	1,143	0,35144	0,92927	0,01545	0,03195	12100	0,48350	53,18455	5850,30081
120	1,162	0,38339	0,94472	0,02033	0,03195	14400	0,63618	76,34146	9160,97561
130	1,187	0,41534	0,96504	0,01138	0,03195	16900	0,35626	46,31382	6020,79675
140	1,201	0,44728	0,97642	0,01220	0,03195	19600	0,38171	53,43902	7481,46341
150	1,216	0,47923	0,98862	0,01138	0,03195	22500	0,35626	53,43902	8015,85366
160	1,23	0,51118	1,00000	0,00000	0,03195	25600	0,00000	0,00000	0,00000
170	1,23	0,54313	1,00000	0,00000	0,03195	28900	0,00000	0,00000	0,00000

Las pruebas en el laboratorio del primer prototipo de TAC evidenciaron poca estabilidad de los deflectores y no se observó el movimiento deseado del líquido por encima de la malla, por lo que se pensó en hacer deflectores solidarios con la estructura y aumentar el volumen libre para lograr

una agitación más violenta por medio de un buzo de mayor tamaño. Este segundo prototipo tampoco evidenció la agitación deseada.

Conociendo estos resultados se eligió, como alternativa, adaptar la estructura (eliminando el volumen libre) y sujetar el reactor a la superficie de un agitador orbital. Las nuevas experiencias arrojaron resultados satisfactorios en cuanto al mezclado.

En lo que respecta a los reactores TUB de 20 y 40 mm de diámetro se optó por colocar un trozo circular de malla (de diámetro mayor al externo del cilindro) en ambos extremos del tubo de acrílico, con el objetivo de retener el sólido en el sistema. Al colocar los racores se observaron rasgaduras en la malla, problema que nos solucionó la utilización del cilindro impreso en 3D.

Por otra parte, para los tubulares de menor tamaño no se dispone comercialmente de racores por lo que se diseñaron e imprimieron las tapas en 3D, que van a obrar como adaptadoras de la manguera al sistema mientras que retienen al sólido dentro del mismo por mallado de las conexiones. En la primera experiencia se observó un buen cierre de las tapas, pero también pérdidas por las paredes de la estructura y en la conexión manguera-pico. Este problema se solucionó con la implementación de un pico cónico y con la modificación del ángulo ya que se mejoró la conexión y disminuyó la presión. Las pérdidas fueron subsanadas con la mejora en la calidad de impresión (impresión con mayor densidad de filamento) y se aumentó la altura de las tapas para un mejor agarre.

Tomando los resultados de los ensayos fluidodinámicos en el reactor TUB de 31,3cm³ con un caudal de 0,1 mL/min se obtuvo un módulo de dispersión de 0,00377. Dado que es menor al 5%, se puede concluir que existe una buena aproximación al modelo de flujo-pistón, [4].

4. CONCLUSIONES.

Se diseñaron reactores tanque agitado continuo, discontinuo y reactores tubulares con tubos de acrílico transparente que permitieran ver el comportamiento del relleno en el lecho, con racores comerciales en los extremos y piezas diseñadas e impresas en 3D. El reactor TAC cumple con la finalidad de corroborar la cinética encontrada en reactores de tipo TAD. Para conocer el funcionamiento fluidodinámico de reactores TUB, se realizaron ensayos con soluciones patrón, obteniendo el módulo de dispersión axial. Los reactores TUB de diversos volúmenes permiten medir las desviaciones de la idealidad ante distintos saltos de escala, lo que permitirá diseñar el prototipo con mayor certeza.

5. REFERENCIAS.

- [1] Idaszkin Y.L.; María del Pilar Alvarez; Eleonora Carol; "Geochemical processes controlling the distribution and concentration of metals in soils from a Patagonian(Argentina) salt marsh affected by mining residues", Sci. Total Environ., 596-597, 230-235, 2017.
- [2] Dabrowski A.; "Adsorption – from theory to practice", Adv. Colloid Interface Sci., 93, 135-224, 2001.
- [3] Aksu Z.; Cağatay S.S.; Gönen F.; "Continuous fixed bed biosorption of reactive dyes bi dried *Rhizopus arrhizus*: Determination of column capacity", J. Hazard. Mater, 143, 362-371, 2007.
- [4] Levenspiel, O. Ingeniería de las reacciones químicas. 6a Ed., 90-101; 293-304, 2004.
- [5] McCabe W.L.; Smith J.C.; Harriott P. Operaciones unitarias en Ingeniería Química. 7ma Ed., 259-302, 2007.
- [6] Olmos E.; Loubiere K.; Martin C.; Delaplace G.; Marc A.; "Critical agitation for microcarrier suspension in orbital shaken bioreactors: Experimental study and dimensional analysis", Chem. Eng. Sci., 122, 545-554, 2015.
- [7] Farina, I.H.; Ferretti, O.A.; Barreto, G.F. Introducción al diseño de reactores químicos. EUDEBA, 446-454, 1986.

Agradecimientos.

Los autores de este trabajo desean agradecer al Proyecto UBACyT 2016-2018 N° 20020150200151BA y PDE 013, Cámara Argentina de la Construcción (CAMARCO) mediante convenio FIUBA Resol CD N°3823/16 y la empresa IQF S.A.

Area: GESTIÓN DE LAS ORGANIZACIONES

DIAGNÓSTICO E IMPACTO DE LAS TI/SI EN PYMES DE LA REGIÓN CENTRO. Carrizo, Blanca Rosa; Abet, Jorge E.; Colazo, Carlos; Nacuse ,Oscar.

POTENCIALIDAD DE LA HERRAMIENTA DE ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA LA GESTIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS. Imaz, Fernando; Jaurena, Juan; Batistela, Melisa; Rovere, Matías; Abdala, Duilio.

LAS PYMES DE SANTA CRUZ Y ALGUNAS PARTICULARIDADES DE SU GESTIÓN EMPRESARIAL EN RECURSOS HUMANOS E INNOVACIÓN. Martinez Llaneza, Daniel; Aroca Bavich, Alejandro; Ossandon, Iván; García, Rafael; Balcazar Andrade, Eva María.

CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE INVENTARIO EN BIENES TECNOLÓGICOS. García, Juan Carlos; Zanfrillo, Alicia Inés; Schualle, Marcos Germán

MAPEO DE ACTITUDES Y EMOCIONES EN GRANDES ORGANIZACIONES (M.A.E). Blanda, Daniel.

PROCESOS PROACTIVOS Y RESILIENCIA ORGANIZACIONAL EN EL DESEMPEÑO DE RESULTADOS EFICIENTES. Tolon Estarelles, Pedro.

ESTUDIO DEL SERVICIO DE ATENCIÓN MÉDICA MEDIANTE DISCRETE CHOICE MODELLING. Merello, Martin; Picasso, Emilio

IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE DE GESTIÓN EN UNA FACULTAD PÚBLICA: NECESIDADES Y FACTORES DE ANÁLISIS. Cinalli, Marcelo; López, Horacio; Gallegos, María Laura; Cabo, Natalia; Hetze, Vanesa; Bárbaro, Laura.

USO DE TÉCNICAS DE MINERÍA DE DATOS PARA LA DETECCIÓN DE PATRONES A DATOS DE EMPRESAS INDUSTRIALES DE RAFAELA. Fornari, Javier Fernando; Gramajo, Sergio; Neira, Rodolfo; Beltramino, Gonzalo; Paglia, Agustina.

APLICABILIDAD DEL ESTÁNDAR ANSI/ASIS CSO.1-2013 COMO MODELO ORGANIZACIONAL PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS Y SEGURIDAD DE EMPRESAS, IMPLEMENTADA POR UN INGENIERO INDUSTRIAL. Piscione, José María.

ANÁLISIS SOBRE LA VALORACIÓN SALARIAL DE LOS INGENIEROS EN LA ARGENTINA. Ponzio, Mariano Gabriel

CONTRIBUCIÓN MULTIMETODOLÓGICA PARA LA MEJORA DE PROCESOS DE GESTIÓN EN PEQUEÑAS ORGANIZACIONES. Castellini, María Alejandra; Escardó, Adrián.

MEJORA DE LA COMPETITIVIDAD EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PYME
APLICANDO TEORÍA DE RESTRICCIONES. Fornari, Javier Fernando; Odetto,
Fabio Marcelo; Gauchat, Estefanía; Viola, Ariel

PLANEAMIENTO DE PORTFOLIOS PETROLEROS. Diéguez, Ignacio Javier; Rojo,
Horacio.

Diagnóstico e impacto de las TI/SI en Pymes de la Región Centro “X Congreso Argentino de Ingeniería Industrial”

Carrizo Blanca Rosa ⁽¹⁾, Abet Jorge E. ⁽²⁾, Colazo Carlos ⁽³⁾, Nacuse Oscar ⁽⁴⁾

GICAPP “Grupo de Investigación en Control Avanzado de Procesos y Producción”

⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁴⁾ Dpto. Ingeniería Industrial, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional
Maestro Marcelo López esq. Cruz Roja Argentina. C.P.: 5016

⁽³⁾ Facultad Regional Villa María, Universidad Tecnológica Nacional
bcarrizo@frc.utn.edu.ar / jabet@frc.utn.edu.ar / colazocr@frvm.utn.edu.ar

RESUMEN

Las pequeñas y medianas empresas (pymes) desempeñan un importante papel en la economía de los países desarrollados. Poseen el mayor nivel de ocupación de mano de obra y contribuyen a la creación de nuevos puestos de trabajo, son fundamentales a la económica. Su mayor o menor competitividad depende de las capacidades directrices, de sus inversiones y principalmente de su capacidad de innovación de flexibilidad ante un mundo de negocios tan cambiante (OCDE, 1993). Uno de los factores influyentes en la gestión de las Pymes han sido las TIC (en adelante “Tecnologías de Información y Comunicación”) donde la disponibilidad y adaptación de las mismas a este nuevo contexto tecnológico las condiciona. El uso de las TIC en las Pymes constituye una influencia importante en el desempeño de las mismas.

Ante este escenario, se propone un proyecto cuyo objetivo es relevar y diagnosticar los recursos de TI/SI (en adelante “Tecnologías / Sistemas de Información”) en las Pymes de la región Córdoba, para luego diseñar indicadores que reflejen la situación actual y ver las opciones que se requieren para lograr una gestión más competitiva.

El relevamiento inicial permitirá efectuar una visión descriptiva. Además, se contará para ello con datos proveniente de fuentes primarias y secundarias que serán recolectadas y evaluadas con métodos cualitativos y cuantitativos.

Los resultados que se pretenden obtener están referidos a un análisis descriptivo del uso de TIC que utilizan las empresas, analizando las relaciones pertinentes al uso de estas tecnologías y el impacto de las mismas. Además, permitirá analizar la evolución en la adopción de aplicaciones informáticas que se utilizan con las tecnologías (hardware) anteriores.

Se analizará también cómo las TIC han influido en la gestión interna y en la mejora de los resultados empresariales obtenidos tanto en los procesos con clientes, proveedores y empleados/as, así como su relación con los factores que influyen en la adopción de las mismas.

Palabras clave: Pymes / Tecnologías (TI) / Sistemas (SI) / Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) / Gestión

ABSTRACT

Small and medium-sized enterprises (SMEs) play an important role in the economies of developed countries. They have the highest level of employment of labor and contribute to the creation of new jobs, are fundamental to economic. Its greater or lesser competitiveness depends on the managerial capacities, its investments and mainly on its capacity of innovation of flexibility in a changing business world (OCDE, 1993).

One of the influential factors in the management of SMEs has been ICT (hereinafter "Information and Communication Technologies") where the availability and adaptation of these to this new technological context conditions them. The use of ICT in SMEs is an important influence on the performance of SMEs.

Given this scenario, we propose a project whose objective is to relieve and diagnose IT / IS resources (hereinafter "Technologies / Information Systems") in SMEs in the Córdoba region, and then design indicators that reflect the current situation and see the options that are required to achieve a more competitive management.

The initial survey will allow a descriptive view. In addition, data will be counted from primary and secondary sources that will be collected and evaluated using qualitative and quantitative methods. The results are intended to refer to a descriptive analysis of the use of ICTs used by companies, analyzing the relations relevant to the use of these technologies and the impact of them. In addition, it will allow to analyze the evolution in the adoption of computer applications that are used with the previous technologies (hardware).

It will also analyze how ICTs have influenced the internal management and the improvement of the business results obtained both in the processes with clients, suppliers and employees, as well as their relationship with the factors that influence the adoption of the same ones.

Palabras Claves:

SMEs / Technologies (IT) / Systems (SI) / Information and Communication Technologies (ICT) / Management

1. INTRODUCCIÓN

Las pequeñas y medianas empresas (pymes) desempeñan un importante papel en la economía de los países desarrollados.

Contribuyen de forma importante a la creación de nuevos puestos de trabajo, a la recuperación económica de ciertas regiones y también al progreso tecnológico. [1]

Su competitividad depende de la capacidad del gerente o propietario/a, de la inversión en intangibles (conocimiento) y en equipos tecnológicos, y de su capacidad de innovación de flexibilidad (OCDE, 1993).

La presente propuesta se fundamenta en un proyecto de investigación cuyo objetivo es estudiar, analizar, describir y diagnosticar recursos de TI/SI en las Pymes cordobesas, diseñando indicadores que reflejen la situación actual y permitan describir modelos que mejoren su gestión competitiva.

La investigación a realizar será inicialmente de tipo descriptivo, con intervenciones en las Pymes testigo en un formato de investigación-acción.

Los resultados a obtener están referidos a relacionar las TIC que utilizan las empresas encuestadas, analizando el porcentaje de empresas adoptantes y el número promedio de equipos por empresa y por empleado/a; entre otros aspectos; así como el porcentaje de adopción de software o aplicaciones informáticas que se utilizan con las tecnologías anteriores.

Se pretende analizar el impacto de las TIC sobre la mejora de los resultados empresariales y de sus procesos.

Esta propuesta integra un proyecto de investigación denominado **“Diagnóstico e impacto de las TI/SI en Pymes de la Región Centro. Diseño de estrategias de mejora”**, Código IFN 4346 e integra el pool de proyectos del Grupo de Investigación del Dpto. Industrial en Control Avanzado de Procesos y Producción (GICCAP) reconocido como Grupo de la UTN mediante la Res. N° 816/2011 del Consejo Superior de la UTN con fecha del 07 de Julio de 2011 y el mismo forma parte de las mejoras asumidas en el proceso de acreditación de la carrera Ingeniería Industrial de la Facultad Regional Córdoba.

Cabe aclarar que, es un proyecto Inter facultad, fruto de un trabajo en equipo con la Facultad Regional Villa María.

2. MARCO TEÓRICO

Uno de los más importantes desarrollos tecnológicos de los últimos años ha sido el de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC).

Los beneficios potenciales de estas tecnologías para una organización incluyen desde los beneficios de carácter operativo, como el aumento de la eficiencia (por ejemplo, automatización de procedimientos rutinarios), hasta los beneficios de carácter estratégico, como la mejora de los procesos empresariales (por ejemplo, estableciendo alianzas estratégicas con otras empresas) (Pradas, 1999; Águila *et al.*, 2001).

Estos beneficios que permiten a las empresas resolver problemas y crear oportunidades representan un estímulo para la adopción de las TIC en las pymes.

No obstante, la experiencia indica que los beneficios de las TIC no siempre se materializan debido, entre otras razones, a unas prácticas de adopción inadecuadas (Cragg y King, 1993).

Las TIC constituyen un grupo de tecnologías que han tenido un importante impacto estratégico sobre las empresas en las últimas décadas. [2]

Entre otros cambios, las TIC han permitido crecimientos sostenidos de productividad y empleo y han modificado sustancialmente la organización interna y externa de las empresas en diversos sectores.

3. OBJETIVOS Y METODOLOGIA

El Objetivo Principal es: “Estudiar, analizar, describir y diagnosticar recursos de TI/SI en las Pymes cordobesas determinando indicadores que reflejen la situación actual y permitan el diseño de modelos que mejoren su gestión competitiva”.

Del mismo, se plantean los siguientes **Objetivos Específicos**:

- Trazar un mapa inicial descriptivo de la situación general actual de las Pymes frente a la administración de las TI/SI.
- Evaluar el grado de inserción de las TI/SI en la gestión de las Pymes bajo análisis.
- Diagnosticar posibles problemas que afectan la informatización de estos casos bajo análisis.
- Formular estrategias de solución que permitan mejorar la gestión de las TI/SI.
- Evaluar la factibilidad técnica, económica y operativa de implementar soluciones ya formuladas.
- Diseñar modelos metodológicos basados en técnicas que reúnan las mejores prácticas para cada perfil de Pyme.
- Transferir herramientas, metodologías y estrategias estudiadas, evaluadas y/o diseñadas tanto al Sector Pyme como al seno de las cátedras involucradas
- Difundir los resultados y conclusiones obtenidos al ámbito científico y académico mediante su presentación y publicación en Congresos.

- Formar recursos humanos mediante el sistema de becas de alumnos y graduados así como a través de la dirección de trabajos de Práctica Supervisada y Tesis de carreras de grado.
- Diseñar un instrumento operativo para monitorear las actividades de las Pymes en la región Córdoba, desde el seno de la Universidad.

La metodología de trabajo se fundamenta en algunas etapas del ciclo de vida de un Sistema de Información y se sustenta en trabajos de indagación y reflexión crítica en el seno del equipo de trabajo así como con especialistas en el ámbito de Congresos y reuniones académicas; en la revisión del estado del arte en la temática y de otras disciplinas relacionadas (escenario industrial) así como en el estudio de casos y la práctica de investigaciones de campo en Pymes de distintos rubros de la región.

En función de los objetivos propuestos, se plantean los siguientes momentos metodológicos:

- Etapa de reconocimiento: aporta un primer contacto con la Pyme bajo estudio (previa selección de una muestra representativa de la población), su estructura, su cultura, sus necesidades y expectativas. Permite establecer los límites necesarios para identificar desde y hasta dónde trabajar, confeccionar los objetivos principales y planificar el relevamiento.
Para poder acceder a todo ello, se pueden concertar entrevistas, confeccionar cuestionarios y check list, realizar observaciones, etc., y solicitar toda la documentación del negocio en la que describan misión, visión, valores, etc., y donde pueda revelarse su estructura (organigramas, manuales, modelos de procesos o eventos).
- Etapa de relevamiento: se vale de diversas técnicas de recolección (entrevistas, cuestionarios, encuestas, y todo formalismo utilizado en la Organización) y documentación (cursogramas, tablas de decisión, modelos de procesos, datos, eventos de dominio, etc.) de la información necesaria (circuitos administrativos, requerimientos y requisitos, registros, etc.) para la construcción de un modelo de análisis (modelo de la realidad). En relación con las técnicas de recolección de información, la entrevista en todas sus variantes, es de las más importantes.
- Etapa de Diagnóstico: determina las causas que dan origen al problema y lo define, y establece alternativas. El diagnóstico se hace en base al modelo construido en el "Reconocimiento" y debe ser lo suficientemente objetivo y riguroso para poder hacer un juicio de valor correcto, eficaz y eficiente, y con el fin de encontrar los verdaderos problemas que afectan a la organización en cuestión. Poner en palabras el problema, definirlo en un modo apropiado, constituye el primer paso en la búsqueda de una solución.
- Etapa de Análisis: mediante el uso de herramientas pertinentes a la selección y evaluación de hardware y software (matriz de homogeneización, método analítico, benchmarking, entre otros), se evaluarán parámetros homogéneos a identificar como: Sistema Operativo, Software de oficina, de Aplicación discriminado en Software de Uso General o Enlatado y desarrollado a medida; así como las características técnicas del hardware que los soporta, entre los más representativos.
- Estudio de Factibilidad: es el momento de evaluar las alternativas originadas en el punto anterior. En virtud del principio de equifinalidad, es posible arribar al mismo destino por varios caminos; el estudio de factibilidad, pues, elige el camino más apropiado según una serie de criterios establecidos en función de aspectos económico-financieros, técnico-operativos, políticos, legales, derivados de la cultura propia de la organización, etc. Tras el análisis de las alternativas se procede a analizar si la propuesta implementada hoy está basada en algunos parámetros como: compra o alquiler de Hardware; compra, adaptación o desarrollo de Software; capacitación, formalización de procesos no informatizados; tercerización de procedimientos (outsourcing); telecomunicaciones; entre otros. [3]
- Etapa de Diseño: en función de los hallazgos obtenidos en etapas anteriores, se segmentarán las Pymes bajo estudio, en forma representativa (por ej.: alimenticias, metalmecánica y de servicios) y se elaborará un primer Informe a priori de los hallazgos encontrados en esta instancia.
- Etapa de discusión de Informes:
 - Interna: en el seno de las cátedras involucradas se analizarán y evaluarán los resultados obtenidos y las conclusiones a las cuales se arribó, constatando la veracidad de las fuentes relevadas y la fiabilidad de los datos registrados. Las cátedras involucradas son: Administración de Recursos (asignatura troncal de 4° Nivel de Ing. en Sistemas), Informática I (asignatura de 1° Nivel de Ing. Industrial) y Fundamentos de Informática (1° Nivel de Ing. Mecánica).
 - Externa: en el ámbito científico y académico mediante su presentación y publicación en Congresos Nacionales e Internacionales.
- Etapa de Transferencia:
 - Interna: continuar con la formación de recursos humanos mediante el sistema de becas de alumnos y graduados; así como de la dirección de trabajos de Práctica Supervisada y Tesis de carreras de grado.
 - Externa: proponer el diseño de un instrumento operativo para monitorear las actividades de las Pymes en la región Córdoba, desde el seno de la Universidad; así como ofrecer servicios de consultoría a Pymes del medio a nivel asesoramiento TI/SI. [4]

Cabe aclarar que, una etapa puede superponerse con otra, en función del nivel de avance de cada una y que el proceso de retroalimentación será implementado cuando se detecte una necesidad de mejora continua.

Para poder cumplir con los Objetivos Específicos propuestos, es necesario analizar desde el Cuestionario, algunos de los siguientes aspectos:

- Uso de las TIC en las pymes: equipos, redes.
- Uso de Aplicaciones Informáticas (software) en las Empresas Encuestada: software de oficina (procesador de texto, hoja de cálculo, etc.), de aplicación o desarrollo a medida.
- Tipo de uso de internet en la empresa: captar a nuevos clientes, ofrecer productos a sus clientes, buscar proveedores, capacitación.
- Acceso a la información de la empresa: existencia de una Intranet para la gestión de la información y las comunicaciones en el ámbito interno, teletrabajo.

Partiendo de estas premisas, se analizarán los efectos de las TIC en la mejora de:

- Resultados empresariales: diferenciarse de la competencia, reducción de costes, aprovechar nuevas oportunidades de negocio
- Funcionamiento interno de la empresa: eliminación de mandos intermedios, tareas rutinarias.
- Gestión de las relaciones con los clientes: incrementar las ventas a clientes actuales, captar nuevos clientes, mejorar la atención al cliente e imagen de la empresa.
- Gestión de las relaciones con los proveedores: captar y seleccionar nuevos proveedores, reducir los costes de los inputs (compras).
- Gestión de relaciones con los empleados: mejorar la comunicación interna, agilizar la captación y selección de personal.
- En las empresas, con factores como: aumento de productividad, trabajo en grupo, mejora de intercambio de información y de desarrollo de nuevos productos.
- Barreras a la incorporación de las TIC en la empresa: la empresa no necesita de inversiones en TIC y las mismas son elevadas, retorno de la inversión en TIC.
- Barreras de las TIC en las empresas: proveedores no conectados a Internet, resistencia del personal al uso de TIC, Internet hace perder el tiempo.
- Efectos y barreras de la incorporación de las TIC en la empresa: efectos sobre los resultados empresariales, procesos empresariales, funcionamiento interno de la organización.

En un análisis a priori, de este trabajo que se basa en una encuesta a pymes sobre el uso de TIC, se plantean algunas inferencias a priori, a modo de hipótesis a demostrar o refutar, como:

- Que las empresas que más han invertido en TIC son las que han obtenido mejoras positivas
- Que el uso de las TIC ha sido para mejorar la eficiencia de los procesos externos con clientes, así como las ventas y la imagen de la empresa en el exterior. [5]
- Que las TIC son utilizadas en menor medida para influir en la organización interna.
- Que las relaciones con los empleados/as son las que menos mejora han experimentado de entre todas las consideradas, lo que puede indicar una infrautilización de las TIC para coordinarse con los recursos humanos y generar ventajas competitivas sostenibles.
- Que se detecta un menor efecto sobre los proveedores, respecto al experimentado sobre los clientes, lo que puede ser indicio de otra infrautilización de las TIC para apalancar ventajas competitivas dentro de la cadena de suministro de la empresa.
- Que a pesar de que el número de aplicaciones informáticas en las pymes ha aumentado de forma importante, pocos cambios se han experimentado en lo que hace referencia a la gestión de las TIC en las pymes.

A través de este estudio, que se apoya en los resultados obtenidos en otros estudios respecto a la influencia positiva de determinados factores sobre la adopción de las TIC, se pretende diagnosticar el impacto de las TI/SI en las Pymes de la región centro. Link: <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf0VGG3KSMcgxc27ZWe4ueVX1yY9BMtOuJJ-tMTuFM20kNUWg/viewform> [6]

4. CONCLUSIONES

El propósito de este trabajo es estudiar el uso de las tecnologías en una muestra de pymes, analizando su impacto sobre la mejora de los resultados empresariales y de los procesos con clientes, proveedores y empleados/as, así como su relación con los factores que influyen en la adopción de las TIC.

Para ello, se operativizó para esta primera etapa, el siguiente Plan de Trabajo:

- Revisar la literatura sobre la adopción de las TIC en las pymes y los factores que facilitan su adopción.
- Resumir la metodología del estudio empírico y las características de las empresas de la muestra. Seleccionar una muestra representativa de la población.
- Diseñar el instrumento de relevamiento (Encuesta) y seleccionar el software para su carga (por ejemplo: SPSS 11.0.)

- Analizar el proceso de almacenamiento de los datos relevados y la herramienta a través de la cual se harán inferencias (minería de datos).

Actualmente, se transita la tercera etapa, donde se está testeando el cuestionario estructurado consensuado y se está definiendo la logística de relevamiento (entrevistas personales, correo electrónico) a los directivos de tecnología de las empresas participantes en el estudio.

Cabe aclarar que, en lo referido a distribución geográfica, la mayoría de las analizadas están localizadas en Córdoba Capital y responden a perfiles metalmecánico, alimenticias y de servicios.

1. REFERENCIAS

- [1] Lorenzo, C. A., Elisondo, L., & Errandosoro, F. (2010). *Uso de TIC en empresas PyMEs de la Cámara Empresaria de la ciudad de Tandil*. Técnica administrativa, 9(41), 1.
- [2] Peirano, F., & Suárez, D. (2004). *Estrategias empresariales de uso y aprovechamiento de las TICs por parte de las PyMEs de Argentina en 2004*. In Ponencia presentada en el 33 JAIIO, Simposio sobre la Sociedad de la Información.
- [3] Pérez Pérez Manuela, Martínez Sánchez Ángel, De Luis Carnicer Pilar, Vela Jiménez, Ma. José. (2002). *“Las Tic En Las Pymes: Estudio De Resultados Y Factores De Adopción”*. Dpto. Economía y Dirección de Empresas. Universidad de Zaragoza.
- [4] Scarabino, J. C., & Colonnello, M. B. (2009). *Innovación empresarial en Argentina. Difusión de TICs en las PyMEs*. Invenio: Revista de investigación académica, (22), 93-108.
- [5] Trujillo, M. L. (2007). *Planeación estratégica de tecnologías informáticas y sistemas de información*. Universidad de Caldas.
- [6] Cuestionario TI/SI Pymes. Link (Ctrl + click) <https://goo.gl/forms/SjRiRE6G1t4P6iwz1>

Potencialidad de la Herramienta de estimación de costos para la gestión del Transporte Público de Pasajeros

Imaz, Fernando*; Jaurena, Juan; Batistela, Melisa; Rovere, Matías; Abdala, Duilio.

*Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional.
Lavaisse 610, Santa Fe. cetram@frsf.utn.edu.ar*

RESUMEN.

El crecimiento natural de la población es un proceso que afecta a todas las ciudades. En países subdesarrollados es común que este crecimiento implique la atención de necesidades básicas urgentes, descuidando cuestiones vinculadas a la gestión y planificación de mediano y largo plazo. Respecto a la gestión del TPP (Transporte Público de Pasajeros) se ha detectado una carencia en la formación técnica de los equipos que lo conducen. Esta falencia provoca que se destine mayores cantidades de presupuesto del necesario al sistema de transporte, y se descuiden las necesidades de la población, que muchas veces quedan sin satisfacer.

La herramienta informática desarrollada propone evaluar la situación del TPP de una ciudad mediana de manera sencilla y gratuita. El software interacciona con el usuario mediante un cuestionario que se deberá rellenar. Estos datos se procesan automáticamente de modo de recrear un escenario de la situación real descrita, otorgando una estimación del costo del servicio de TPP y determinada información complementaria que sustenta la toma de decisiones.

En este trabajo será evaluada la potencialidad del software, creando distintos escenarios que podrían presentarse a modo de ejemplo, y analizando los resultados que éste arroja.

Palabras Claves: Transporte Público de Pasajeros; Gestión; Costos.

ABSTRACT

Natural growth of population is a process that affects all cities. In underdeveloped countries it is common that this growth implies the attention of urgent basic needs, which leads to neglect issues related to management and planning for medium and long term.

Regarding the management of the Public Passenger Transport (TPP), there has been a lack of technical training for the teams that conduct it. This failure implies the destination of greater budget than necessary to the system and neglect of the needs of the population that remain unsatisfied.

The tool developed proposes to evaluate the situation of the TPP of a medium-sized city in a simple and free way. The software interacts with the user through a questionnaire that must be completed. These data are automatically processed in order to recreate a scenario of the actual situation described, providing an estimate of the cost of the TPP service and a series of complementary information that supports decision making.

In this work, the potential of the software will be evaluated, creating different scenarios that could be presented in some cases of example, and analyzing the results that it provides.

1. INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo se centra en la evaluación de la funcionalidad de la aplicación desarrollada para la determinación de costos de sistemas de TPP en ciudades de tamaño medio. El mismo, se lleva a cabo en el marco del proyecto de investigación y desarrollo denominado “Herramienta para la Determinación de los Costos de Sistemas de Transporte Público de Pasajeros en Ciudades de Tamaño Medio” homologado por Evaluadores Externos de la Universidad Tecnológica Nacional dentro del Programa de Incentivos Docentes Investigadores de la Secretaría de Políticas Universitarias (código TVUTIFE0003934TC), que tiene por objetivo general “Diseñar una herramienta de cálculo o modelo de costeo para una empresa estándar prestataria del servicio de transporte público de pasajeros en una ciudad de tamaño medio”. Dicho estudio se encuentra en fase de desarrollo a la fecha de publicación del presente trabajo, por ende lo que aquí se presenta no es una valoración de los resultados finales del proyecto, sino la contribución al mismo.

En primer lugar, cabe destacar que el objeto de este proyecto se encuentra delimitado dentro de lo que se define de manera clásica como *ciudades de tamaño medio* o, más precisamente, Aglomeraciones de Tamaño Intermedio (ATIs), comprendidas entre poblaciones de 50.000 y 1.000.000 de habitantes.

“Las modalidades dominantes del crecimiento urbano argentino y los cambios de viejas tendencias durante el periodo 1950-1980 proponen algunas hipótesis sobre la evolución posterior, hasta 1990. Muestran que en la transformación del sistema no jugó el papel protagónico Buenos Aires, como suele creerse; lo jugaron las aglomeraciones de tamaño intermedio: de 50.000 a 1.000.000 de habitantes. La acumulación de población en un número creciente de aglomeraciones de tamaño intermedio adquirió así carácter dramático.” [1] En Argentina existen muchas ciudades con similares características, de modo que la herramienta desarrollada propone que todas estas ciudades puedan emplearla por tener características en común.

El desarrollo de esta herramienta surge de un enfoque del transporte desde el punto de vista del desarrollo sustentable, el cual puede decirse que se encuentra asentado sobre tres pilares: el social, el económico y el ambiental.

En primer lugar, el desarrollo sustentable del transporte en su aspecto social está descrito por la movilidad y la accesibilidad. La movilidad urbana es un concepto utilizado para describir los desplazamientos de personas y mercadería, y para indicar una medida de la facilidad con la que se desarrollan estos desplazamientos. Por otro lado, el concepto de accesibilidad está referido a qué tan fácil es para un sujeto vincular su origen y su destino.

En segundo lugar, el aspecto económico del transporte implica un desarrollo que obtenga los menores costos de funcionamiento posibles sin ir en desmedro de los otros dos pilares de la sustentabilidad. En cuanto a TPP, definimos como “costo por kilómetro” a los recursos que deben ser empleados por el prestatario para llevar a cabo la operación del servicio a través de un kilómetro, y como “tarifa” a la cantidad de dinero que debe pagar cada usuario para acceder a dicho servicio. Ambos valores están vinculados entre sí por medio de un índice de pasajeros por kilómetro (IPK), el cual cuantifica la demanda que percibe determinado medio de transporte.

El tercer pilar del desarrollo sustentable es, como se dijo, el aspecto ambiental, el cual, en el transporte, toma forma de medios de transporte amigables con el medio ambiente y, en el caso del presente trabajo, del transporte por colectivo. Según Sanz, “El tráfico y la movilidad en sus expresiones motorizadas forman parte de lo que se ha venido en denominar el núcleo duro o menos moldeable de la crisis ecológica de la ciudad. (...) Por eso cabe calificar figuradamente de escollo a esa tarea ingrata y difícil que supondrá contrastar las ventajas del tráfico y la movilidad motorizadas con sus consecuencias ambientales. No sólo con el fin de establecer mejores condiciones de habitabilidad y una mayor racionalidad en el uso de los recursos escasos, sino con la meta de garantizar su sostenibilidad, es decir, de su perduración en el tiempo.”[2]

Teniendo en cuenta este análisis, podemos decir que, si bien el transporte público masivo no tiene un único objetivo, este puede aproximarse diciendo que se centra en la optimización y administración de los recursos con la intención de enfocarlos a la atención de la demanda de movilidad urbana de una forma sustentable y sostenible, disminuyendo, por un lado, el costo de los desplazamientos y, por el otro, efectos perjudiciales del transporte privado como la congestión, la accidentología vial, la contaminación atmosférica y acústica. Considerando estas externalidades que una ciudad debe enfrentar, es de suma importancia generar políticas que incentiven a este medio con el principal objeto de disminuir aquellas externalidades negativas derivadas del transporte privado y, además, estimular el uso del TPP con el fin de beneficiar a las economías de escala, que forman parte de las externalidades positivas.

Los actores del transporte público son los prestatarios, en general, privados, y el Estado, el cual planifica, regula y controla la actividad. El sistema de asignación del transporte sujeto al libre ejercicio del mercado por oferta y demanda no podría funcionar correctamente, debido a que, para minimizar costos, las empresas suelen descuidar las comodidades que los pasajeros demandan. Es por esta razón que el Estado interviene directa o indirectamente, siendo uno de sus objetivos velar por los derechos de los usuarios a través de las regulaciones.

En los sectores administrativos enfocados a la regulación del transporte público se observa, en general, una ausencia de equipos técnicos especializados, que sean capaces de enfocarse en la optimización del servicio sin descuidar la calidad percibida por el usuario. Esta carencia acarrea, muchas veces, una toma de decisiones erróneas por parte del Poder Concedente, que se traducen en un servicio deficiente. Aquí es donde surge una problemática coyuntural en esta materia, y es que *lo que no se mide no se puede controlar, y lo que no se controla no se puede mejorar*.

“De hecho, las principales limitaciones van ahora por el lado humano y técnico: la planificación del transporte contemporáneo requiere de profesionales muy bien cualificados así como de técnicas de modelización teóricamente sólidas con implementaciones computacionales eficientes y que faciliten su interpretación” [3].

Es así que la herramienta en desarrollo pretende suplir dicha carencia por parte del Estado a través de una metodología de cálculo objetiva y certera, capaz de dar una buena aproximación al costo por kilómetro de un servicio de TPP. Además, se pretende conferir a dicha herramienta la capacidad de servir como soporte para la gestión, a través de una comparación de cada sistema analizado con un sistema ideal, brindando luego recomendaciones sobre qué medidas podrían llevar aquel sistema al ideal planteado.

Considerando la incertidumbre como un factor que cuestiona la idealización del sistema, se plantea la actualización en forma regular de todos los parámetros por parte de los administradores (equipo CETRAM¹), a medida que se ven modificados en el mercado o en el entorno.

2. DESARROLLO.

La obtención del costo del sistema de transporte requiere de una base sólida de cálculos matemáticos, los cuales incluyen evaluar costos fijos, costos variables y características propias del sistema.

“Los costos variables refieren a aquellos desembolsos monetarios que en su cuantía total varían conforme a cambios en el volumen real de la actividad misma” [4]. Se toma como unidad de costeo la cantidad de pasajeros transportados equivalentes por kilómetro, la cual surge de transformar todos los pasajeros de las distintas franquicias en pasajeros que abonan una tarifa plana. Si bien es una unidad abstracta, los costos se acumulan según la variabilidad de esta unidad. Los costos variables identificados son los consumos de gasoil, neumáticos, lubricantes y repuestos. Éstos varían al modificarse la unidad de costeo, es decir, los pasajeros transportados.

Por otro lado, “Los costos fijos son aquellos que en su cuantía total, no varían con el tiempo” [4]. Entre ellos se incluyen: seguros de los coches y pasajeros; precio de nuevos coches; amortizaciones de equipos; salario de conductores, administrativos, técnicos. Se puede observar que estos costos se encuentran presentes aún cuando la empresa no preste servicio a la comunidad.

Actualmente, la mayoría de los entes que se encargan de conceder el servicio del TPP a empresas privadas, se valen de legislaciones que regulan la actividad, haciendo uso de las fórmulas de obtención del costo que allí se precisan. Pero esta idealización de situaciones teóricas requiere de ajustes que se van ejecutando en la práctica, los cuales no son convencionales y requieren mayor profundidad de conocimiento en la materia. Puede suceder que una evaluación económica arroje una cuantificación negativa, y de todas formas se opte por su implementación, tomando otros criterios no necesariamente económicos para su elección.

En etapas previas a la realización de este trabajo se buscó la forma de dar valor a la herramienta, pudiendo ofrecer al usuario información extra al costo, la cual le serviría al mismo para la toma de decisiones. Para ello se plantearon mediciones que ejecuta la herramienta con los datos brindados por el usuario, que serían comparadas con parámetros ideales, arrojando un consejo al usuario acerca de las gestiones prioritarias que debería llevar a cabo para reducir los costos del servicio de TPP.

Luego de definir todos los requerimientos de la herramienta, se inició la programación empleando el lenguaje PHP y MySQL para gestionar la base de datos.

El software posee dos perfiles: Administrador y Usuario. El primero se crea para generar estadísticas de las consultas de los Usuarios, realizar ajustes al sistema, gestionar los datos de entrada que no se requiere que el usuario complete, como precios de neumáticos, combustible, aceites lubricantes, o porcentaje de SAC entre otros valores, que serán datos comunes a las consultas. El perfil de Usuario, por su parte, permitirá crear consultas de costos, por lo cual será necesario contar con un registro de usuario, que se creará ingresando al sitio web de CETRAM y completando los datos del perfil del usuario. Por correo electrónico se le devolverá la aprobación y podrá loguearse e iniciar la consulta.

¹ CETRAM: Grupo Científico de Estudios de Transporte, Accidentología y Movilidad, de la UTN.

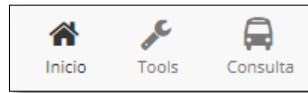


Figura 1 Menú de la aplicación.

Se deberá hacer clic en la opción “Consulta” del menú de la aplicación, para iniciar la carga de datos. El programa posee una interfaz amigable, ya que fue concebido a modo de cuestionario que se deberá ir rellenando y, en caso de desconocer algún dato, se podrá continuar con la consulta en otro momento, quedando guardada automáticamente con los datos que sí fueron completados. Al finalizar cada pantalla se deberá presionar el botón “Siguiente” hasta acabar los cinco pasos.



Figura 2 Pasos del formulario de consulta.

Al dar por terminada la carga de datos, el sistema procesa todas las entradas del Usuario con los datos precargados por el Administrador (CETRAM), y devuelve los resultados, los cuales podrán ser enviados por correo electrónico, si así se decidiera.

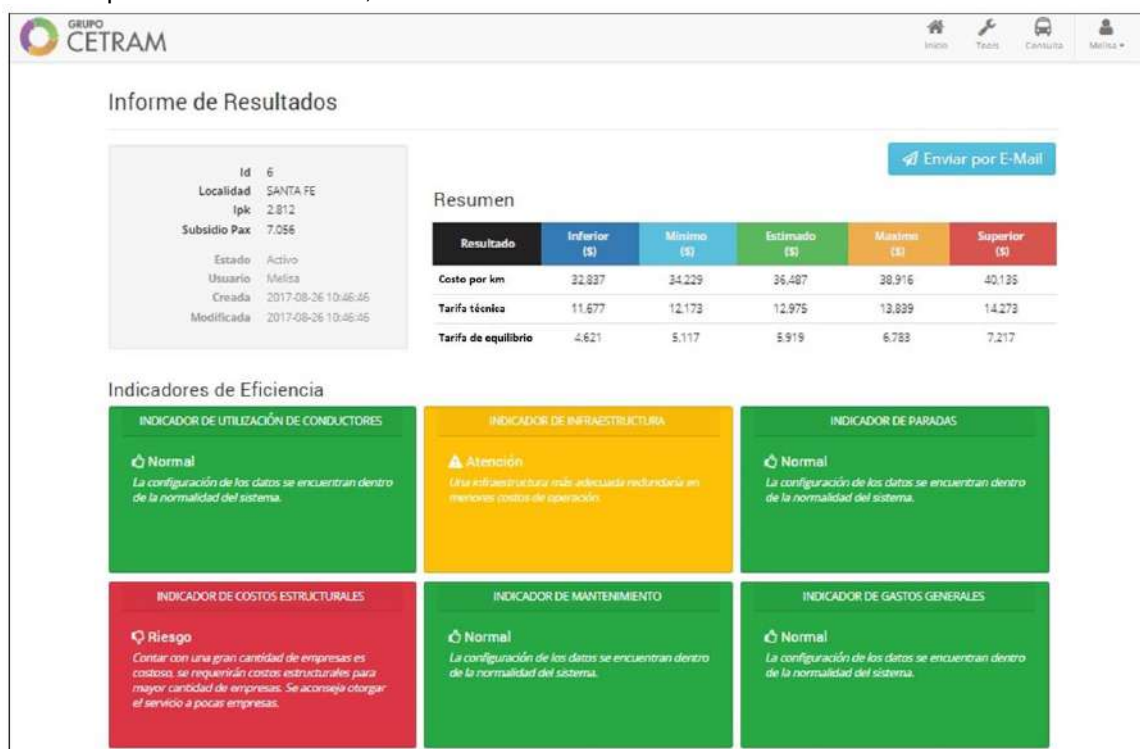


Figura 3 Reporte.

Estos resultados permiten comparar distintos escenarios gracias a los indicadores y a las estimaciones de costos propiamente dichas. Es así que “los indicadores de gestión se convierten en los signos vitales de la organización, y su continuo monitoreo permite establecer las condiciones e identificar los diversos síntomas que se derivan del desarrollo normal de las actividades.”[5]

Si el costo real queda por fuera de este rango provisto por la herramienta, es posible que haya que ajustar alguna variable del sistema, lo cual probablemente será tenido en cuenta por el programa y arrojado como recomendación.

En los siguientes apartados se presentan casos prácticos que demostrarán el empleo de la herramienta para la toma de decisiones. Como base de comparación se tomarán datos del TPP en la ciudad de Santa Fe, donde se recorren anualmente 15.010.848km con 19 líneas de 2 empresas. Éstas, poseen 5 cabeceras de líneas. La flota se compone por 240 coches, de los cuales 36 son de auxilio, donde la antigüedad promedio de los coches es de 4,7 años. Se consideró un subsidio anual

al sistema de \$297.800.525,04, y salarios fijados en Noviembre de 2016 por UTA (Unión Tranviarios Automotor). Los resultados serán mencionados como “Situación 1”, ya que ésta será considerada como punto de partida.

2.1. Caso 1: Aumento de salarios.

El primer caso de estudio práctico surge al plantear un aumento del 30% del convenio de UTA. De este modo se plantea la hipótesis, ¿La tarifa aumenta linealmente 30%?

Para probarla, con la herramienta se estima el costo actual de la Situación 1. Como resultado, se obtiene un costo de 36,487\$/km.

Resumen					
Resultado	Inferior (\$)	Mínimo (\$)	Estimado (\$)	Máximo (\$)	Superior (\$)
Costo por km	32,837	34,229	36,487	38,916	40,135
Tarifa técnica	11,677	12,173	12,975	13,839	14,273
Tarifa de equilibrio	4,621	5,117	5,919	6,783	7,217

Figura 4 Captura del Reporte para el caso Base.

Luego, se calcula el costo del servicio en la Situación 2, esta vez con un costo salarial 30% superior al de la Situación 1. Como resultado se obtiene un costo de 45,241\$/km.

Resumen					
Resultado	Inferior (\$)	Mínimo (\$)	Estimado (\$)	Máximo (\$)	Superior (\$)
Costo por km	40,716	42,984	45,241	47,671	49,765
Tarifa técnica	14,480	15,286	16,089	16,953	17,697
Tarifa de equilibrio	7,424	8,230	9,033	9,897	10,641

Figura 5 Captura del reporte con aumento del 30% en salarios.

Como resultado, puede apreciarse que la variación entre la tarifa inicial y la final resulta un 24% mayor.

Con este cálculo, la herramienta permite demostrar que la hipótesis inicial no fue válida. De este modo se concluye que, para el caso propuesto, no es necesario aumentar un 30% la tarifa para equilibrar los costos, ya que un aumento del 24% es suficiente para cubrir el aumento gremial.

2.2. Caso 2: Aumento del combustible

El costo del combustible sufre un aumento del 10%, lo que implica un aumento en el costo del servicio. Se considera el caso de un municipio que no considera viable solventar dicha diferencia de costos con un aumento a la tarifa, ya que esto produciría una incidencia negativa desde un punto de vista social. Entonces, el planteo refiere a dar solución acerca de la cantidad monetaria que se deberá destinar al subsidio de este costo superior, para que la tarifa se mantenga estable.

Tomando el cálculo del costo de la situación inicial 1 del caso anterior de 36,487\$/km, se procede a estimar el costo de servicio de la situación 3, la cual posee un costo de combustible 10% mayor al de la situación 1.

Resumen					
Resultado	Inferior (\$)	Mínimo (\$)	Estimado (\$)	Máximo (\$)	Superior (\$)
Costo por km	33,113	34,432	36,792	39,274	40,472
Tarifa técnica	11,776	12,244	13,084	13,967	14,393
Tarifa de equilibrio	4,720	5,188	6,028	6,911	7,337

Figura 6 Captura del reporte con aumento del 10% del combustible.

El costo del servicio de la situación 3 corresponde a 36,792\$/km.

De este modo, el subsidio necesario para cubrir el aumento equivale a 0,305\$/km. Si se tiene en cuenta que el promedio de distancia recorrida por la flota de este caso práctico es 15.010.848km

anuales, el subsidio que se deberá destinar para que la tarifa se mantenga estable deberá ser de \$4.578.308,64. En caso de ser menor, la tarifa sufrirá un aumento, el cual deberán solventar los pasajeros.

2.3. Caso 3: Renovación del parque automotor.

En este ejemplo, se supone que las empresas prestatarias deciden renovar el 10% del parque automotor, de modo que 24 de los 240 coches que poseen, serán reemplazados por unidades a estrenar. Esta renovación implicará indefectiblemente un aumento en el costo de amortización, y disminución en costos de mantenimiento, repuestos y combustibles debido a que las nuevas unidades son más eficientes.

Con la adquisición que plantea la empresa, el costo del servicio se modificará. La problemática surge al intentar cuantificar dicha variación, de modo de poder analizar si se opta o no por la inversión que sugieren las empresas.

Para ello, se compararán los resultados de la herramienta entre la situación inicial ya calculada, con un costo de 36,487\$/km, con la situación 4.

En la carga de la situación 4, se tendrá menor una edad promedio de la flota (cambia de 4,7 a 3,1 años en nuestro caso), y una edad máxima de la flota de 10 años, donde se decide vender 40 unidades de 10 años de antigüedad, reemplazándose por coches 0km.

Figura 7 Captura del paso 1, en la carga de datos con franja etaria 3,1 años.

Con estos valores se obtiene, en el reporte final, un costo de 36,697\$/km para la situación 4.

Resumen					
Resultado	Inferior (\$)	Mínimo (\$)	Estimado (\$)	Máximo (\$)	Superior (\$)
Costo por km	33,026	34,525	36,697	39,212	40,365
Tarifa técnica	11,745	12,278	13,050	13,945	14,355
Tarifa de equilibrio	4,689	5,222	5,994	6,889	7,299

Figura 8 Captura del reporte con Franja etaria de 3,1 años.

De este modo, se observa que el costo del servicio se ve incrementado en 0,21\$/km.

Tanto las empresas como el municipio podrán valerse entonces de esta estimación de la variación de la tarifa para estimar si la inversión en la renovación de la flota es o no conveniente.

A priori, dicha inversión no resulta positiva, debido a que el costo de la nueva situación es mayor, pero si esta mejora en calidad de servicio implica una mayor atracción de demanda, el costo puede ser prorrateado en mayor número de usuarios, por lo que la inversión podría llegar a ser una decisión válida.

Por otro lado, se estima que este aumento será de 3.152.278,08\$/año, en base a los 15.010.848km recorridos.

2.4. Caso 4: Mejora en infraestructura.

Este caso se enfoca en la evaluación del impacto que provocaría una mejora de la infraestructura en el costo del servicio. Es decir, si el municipio afronta la pavimentación del 10% de las calles de ripio, se analiza el ahorro en el que podría incurrir la población que hace uso del servicio.

Para ello, la herramienta desarrollada permite recrear ambos escenarios. Por un lado, se tiene la situación 1 plantada anteriormente con el 70% de las calles pavimentadas, mientras que, por otro lado, se simula la situación 5, con un 10% más de sus calles pavimentadas, alcanzando el 80%.

Realizar Consulta Paso 1 de 5

¿Cuál es el porcentaje de calles pavimentadas en la red de transporte público? 71 a 90 %

¿Cuánto de ese porcentaje está en buen estado? Entre 50 y 80 %

¿Qué distancia promedio existe entre las paradas en el casco céntrico? 200 m

¿Cuántas empresas prestadoras existen en la ciudad de estudio? 2 Empresas

¿En qué franja etaria promedio se encuentra la flota (en años)? 4,7

¿Cuántas líneas brindan servicio en la ciudad de estudio? 19

¿Cuántas cabeceras de línea hay en la ciudad? 5

¿El transporte cuenta con sistema satelital de gestión de flota? Si

¿Posee SUBE? Si

Figura 9 Captura del paso 1, en la carga de datos con 80% de calles pavimentadas.

Los costos resultan 36,487\$/km y 36,334\$/km respectivamente.

Resultado	Inferior (\$)	Mínimo (\$)	Estimado (\$)	Máximo (\$)	Superior (\$)
Costo por km	32.701	34.229	36.334	38.916	39.966
Tarifa técnica	11.629	12.173	12.921	13.839	14.213
Tarifa de equilibrio	4.573	5.117	5.865	6.783	7.157

Figura 10 Captura del reporte con infraestructura pavimentada del 80%

Como resultado del análisis de este planteo se observa que el costo de inversión en infraestructura posee externalidades positivas en cuanto al servicio de TPP que por allí transita, ya que los costos se verán reducidos en 0,15\$/km recorrido, lo cual equivale aún ahorro de 2.296.659,74\$ anuales del sistema con los 15.010.848km declarados del ejemplo.

En primera instancia, este beneficio podría ser sopesado con el costo de proyecto y ejecución de la obra vial considerada, teniendo en cuenta la amortización durante una importante cantidad de años. Por otro lado, si bien el costo de amortización de una obra de infraestructura de estas dimensiones supera ampliamente el valor de dicho beneficio anual, se debe tener en cuenta que las mejoras planteadas también incurrirían en una reducción de costos de otros medios de transporte y en un aumento del valor de la propiedad, entre otras externalidades positivas, que podrían ser imputadas en un análisis integral de prefactibilidad.

2.5. Evaluación de proyectos.

Suponemos que el municipio pretende comparar dos alternativas de inversión en mejoras del TPP: por un lado mejorar la infraestructura y, por otro, financiar a las empresas en la compra de nuevas unidades. Planteadas las dos situaciones anteriormente en la aplicación (en los casos 2.3. y 2.4.), se pueden filtrar los resultados, pudiendo observar cómo varía la tarifa técnica, tal como se muestra a continuación:



Id	Estado	Costo (\$/km)	Tarifa T. (\$)	Tarifa E. (\$)	Localidad
9	Completa	36.334	12.921	5.865	SANTA FE
6	Completa	36.487	12.975	5.919	SANTA FE
8	Completa	36.697	13.050	5.994	SANTA FE
11	Completa	36.792	13.084	6.028	SANTA FE
7	Completa	45.241	16.089	9.033	SANTA FE
4	Completa	36.775	16.739	7.707	SANTA FE

Figura 11 Captura de consultas filtradas por tarifa.

Como resultado, se observa que la tarifa técnica resulta menor para el usuario del TPP si se invierte en infraestructura (que es el caso con costo 36,334\$/km). De este modo, la herramienta ofrece los resultados de dos o más situaciones, pudiendo efectuar comparaciones para decidir por la más conveniente.

3. RESULTADOS.

Los casos propuestos a modo de ejemplo permiten comprobar el gran potencial de la herramienta para analizar un amplio abanico de posibilidades, por lo que cumple con el objetivo de dar soporte a la toma de decisiones acerca de la gestión de la flota, según los intereses inherentes a la investigación (o a la falta de formación en materia de Transporte que se pretende suplir) que se detecta en el poder concedente.

La sencilla estimación de estas situaciones permite la medición de las variaciones que se producen en cada una, de modo de poder tomar decisiones en cuanto a la gestión.

Algunas características propias de cada organización deberán ajustarse al marco teórico del resultado de esta herramienta.

4. CONCLUSIONES.

El trabajo demuestra ser una herramienta potente en ámbitos donde existe carencia de profesionalización, y será de suma importancia para la toma de decisiones de planificación de la gestión del transporte público, como son cuestiones relacionadas a los recorridos, calidad, seguridad, frecuencia; y de auditoría, para determinar si la tarifa es o no acorde a los costos que se generan para desarrollar la actividad. Como cita Ortúzar: “En estos momentos el mundo desarrollado está pasando por una fase de mayor confianza en las soluciones técnicas que en décadas anteriores (...). La electrónica y la informática han avanzado tanto que posibilitan nuevas concepciones de infraestructura del transporte y de los sistemas de movimiento. De interés especial son los avances logrados en las últimas décadas en la informática a bajo costo, tanto en el software como en el hardware, lo cual ha posibilitado la eliminación de los “cuellos de botella” clásicos en el tratamiento masivo de datos.”[3]

A través de los distintos escenarios estudiados, es posible observar que la herramienta permite tener en cuenta los intereses de todos los actores implicados en el TPP: Sociedad, Estado y Empresas. Por otra parte, los indicadores podrán ser empleados en la mejora continua de las exigencias del servicio prestado, logrando crear beneficios sostenidos en el tiempo, alcanzando una clara diferenciación entre el servicio prestado a diferentes ciudades frente a la que se presenta en este ejemplo de estudio.

De este modo, las mediciones serán empleadas en el cálculo de indicadores, generando una retroalimentación de la información de la herramienta entre los perfiles de Usuario y Administrador. La interpretación de dichos indicadores será empleada para evaluar cuantitativamente la gestión, haciendo posible la correcta administración del servicio y la toma de decisiones de mejora basada en mediciones reales.

5. REFERENCIAS.

- [1] Vapñarsky, C. A.; Gorojovsky, N. (1990). *El crecimiento urbano en la Argentina*. Buenos Aires. 2da edición. Grupo Editor Latinoamericano. Argentina.

- [2] Sanz, A. (1996) "Movilidad y accesibilidad: un escollo para la sostenibilidad urbana". Madrid. *Primer catálogo español de buenas prácticas*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. España.
- [3] Ortúzar, J. (2000). *Modelos de demanda de transporte*. Col. del Valle. Alfaomega. México.
- [4] Paillet, E. (1993). "Costos y Gestión". *Revista del Instituto Argentino de Profesores Universitarios de Costos*. Año3, N°9, página 86. Argentina.
- [5] Mora García, Luis. (2008). *Indicadores de la Gestión Logística*. Bogotá. 2da edición. Ecoe Ediciones. Colombia.

Las Pymes de Santa Cruz y algunas particularidades de su gestión empresarial en Recursos Humanos e Innovación

Mg Lic. Martinez Llaneza, Daniel *; Ing. Aroca Bavich, Alejandro; Lic Ossandon, Iván; CPN García, Rafael; Lic. Balcazar Andrade, Eva María

*Facultad Regional Santa Cruz. Universidad Tecnológica Nacional
Grupo GIGEI Departamento Ingeniería Industrial
Inmigrantes 555. Rio Gallegos (Z9400). danielmartinezll1963@gmail.com
Santa Cruz. Argentina*

RESUMEN

Este proyecto de investigación busca un mayor conocimiento y acercamiento a las empresas Pymes radicadas en la provincia de Santa Cruz, de este modo se avanzó sobre las empresas de servicios que son las que mayoritariamente constituyen el tramado Pyme provincial. El modo particular de gestión que poseen en la provincia de Santa Cruz los empresarios Pymes que más bien se miran hacia adentro pero la "comparación" con elementos exógenos, le cuestan y mucho. Las particularidades de la selección e incorporación de recursos humanos, la importancia de la capacitación y los programas encarados al respecto por el sector da cuenta de que en materia de recursos humanos todavía hay mucho para hacer, sobre todo en materia de promoción del talento y la propiciación del surgimiento de líderes. El avance tecnológico como elemento significativo a tener en cuenta dentro de la planificación y la gestión empresarial es un elemento central. El empresario oferente en el mercado de bienes y servicios parece un agente económico solitario y con escaso vínculo con sus pares, con su proveedores, con sus clientes, si a éste aspecto se le suma un estado provincial y municipal que en los últimos 20 años ha avanzado sobre la actividad privada, la capacidad previsor de las Pymes como su rol en los mercados se encuentran fuertemente condicionados.

Palabras claves: PyMEs Santa Cruz, Recursos Humanos, Innovación, Gestión empresarial

ABSTRACT

This research project seeks a greater knowledge and approach to SME companies located in the province of Santa Cruz, thus advancing on the service companies that are the majority that constitute the SME provincial scheme. The particular way of management that SMEs in the province of Santa Cruz have, rather than looking inward, but the "comparison" with exogenous elements, cost them a lot. The particularities of the selection and incorporation of human resources, the importance of training and the programs addressed in this regard by the sector shows that there is still a lot to do in human resources, especially in the areas of talent promotion and propitiation of the emergence of leaders. Technological progress as a significant element to take into account in planning and business management is a central element. The entrepreneur offering in the market for goods and services seems to be a solitary economic agent, and with little link with his peers, his suppliers, and his clients, if this aspect is added a provincial and municipal state that in the last 20 years has advanced on private activity, the predictive capacity of SMEs as their role in markets are strongly conditioned.

Keywords: Small and Medium businesses Santa Cruz, Human Resources, Innovation, Management

1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las empresas Pymes santacruceñas y su gestión es un objetivo dentro del Proyecto de Investigación UTN 3690, radicado en la FR Santa Cruz, ya que la ausencia de descripciones relativamente recientes del productor Pyme en Santa Cruz es muy significativo, por lo que cualquier aporte, por pequeño que parezca, echa luz sobre un tramado productivo del que muy poco se conoce.

Las sucesivas administraciones provinciales y municipales muy poco se han dedicado a interactuar y a trabajar en conjunto con éste importante sector de la economía, aunque se ve –y vió- muy poco apoyo institucional de políticas de largo plazo para el sector. Hay que tener en cuenta que se trata de un sector muy vulnerable, porque por un lado existe un estado provincial y municipal muy importante, con gran volumen de gasto respecto del producto provincial, y por el otro la extracción de petróleo, gas, minerales y las capturas de pesca en el territorio, posicionan a empresas trasnacionales o nacionales muy importantes, que detentan funciones de producción capital-intensivas [1,2]

2. LIMITACIONES AL ANÁLISIS DE LA PYMES SANTACRUCENAS

Para el estudio de los procesos de desarrollo empresario con inserción socio económico y la forma en que este afecta el dinamismo regional, especialmente en la aplicación del planeamiento estratégico, el posicionamiento de mercado, la valoración del recurso humano como factor estratégico incluye considerar diferentes dimensiones de análisis:

- a) Las condiciones y posibilidades que brindan los tejidos empresariales de la provincia con las limitaciones que éstos tejidos intrínsecamente poseen
- b) El funcionamiento institucional y regulatorio de los mercados y las intervenciones públicas que se pueden verificar en cualquier proceder económico
- c) La composición y comportamiento del sector privado, que se observa a través del funcionamiento de cada mercado en particular
- d) Los recursos disponibles en el tramado productivo provincial, articulado con las estrategias, capacidades y voluntades de los actores empresarios locales y regionales

Los temas de estudio de este Proyecto de Investigación son pertinentes al marco teórico-metodológico que ofrece la teoría de los sistemas complejos, en tanto brinda un modelo para el estudio metódico, interdisciplinario y articulado de los sistemas abiertos, alejados del equilibrio, considerando para ello a los procesos endógenos y exógenos en interacción con las circunstancias que coexisten con los hechos. El abordaje desde este esquema metodológico implica asumir una perspectiva de estudio interdisciplinaria y multidimensional, tal como se propone desde los campos gerencial y estratégico, económico y de la administración y los negocios [3].

Para el análisis de cada empresa de cada sector productivo seleccionado y posterior producción de los diagnósticos correspondientes, y en el marco de estos lineamientos generales, se trabajó con información cualitativa y cuantitativa para los diferentes niveles de análisis considerados. En tal sentido se propusieron técnicas de recolección de datos y de procesamiento de la información recopilada, de acuerdo a sus particularidades. En esa dirección fue la búsqueda de padrones de empresas (básicamente de servicios) que se encuentren dentro de la jurisdicción de la provincia de Santa Cruz y así fue como la Federación Económica de Santa Cruz y las Cámaras de Comercio e Industria así como las Asociaciones Empresarias que fueron localizadas han resultado como los proveedores más importantes para la consecución de ésta tarea.

3. METODOLOGÍA Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE EL TEJIDO PYME

En primera instancia para lograr un correcto desarrollo que resulte representativo de la región, fue necesario localizar y obtener la distribución de PyMEs en la provincia de Santa Cruz, de modo tal que se pudo establecer un muestreo adecuado en relación con la actividad.

Se analizó la distribución geográfica poblacional de la provincia como punto de partida para identificar las localidades de mayor interés.

Estos datos fueron analizados a partir de las proyecciones poblacionales 2015 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina.

Dichos valores fueron segmentados en tres zonas que se consideraron representativas para la distribución, Zona Norte, Zona Centro y Zona Sur.

En lo referente a la Zona Centro de la provincia fueron consideradas las Localidades de Puerto San Julián, El Chalten y Gobernador Gregores, Comandante Luis Piedra Buena y Puerto Santa Cruz. Siendo ellas además adoptadas como separación geográfica para las localidades que fueron comprendidas como zona Sur y Zona Norte a partir de estas.

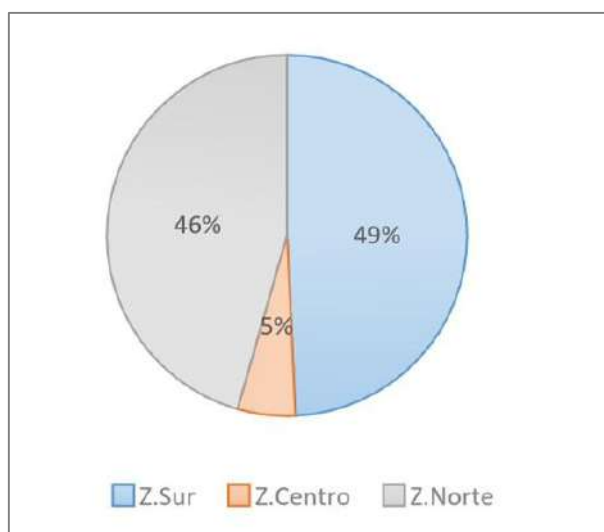


Figura 1 *Distribución poblacional en la Provincia de Santa Cruz agrupada en Zonas.*

Para en análisis particular de cada localidad, se confeccionaron padrones de empresas consideradas como PyMEs, y se adoptaron como criterios de exclusión, una cantidad menor de 5 empleados o mayor de 100 empleados. Los que cayeran en esas “zonas de exclusión” no fueron consideradas Pymes, por lo que quedaron sin posibilidades de ser elegidas. Resultó muy práctico rescatar los aportes de información de la Federación Económica de Santa Cruz así como de Cámaras o Asociaciones empresarias locales, sin esa valiosa contribución el trabajo difícilmente habría salido de ser un mero proyecto. Adoptado ese criterio se procedió a confeccionar padrones de empresas en función de la información que estaba disponible. La total ausencia de registros sistemáticos oficiales hizo de la localización una tarea significativa y trabajosa. Este padrón resultó en un total de 413 empresas las cuales fueron distribuidas por localidad y posteriormente seleccionadas de forma aleatoria en cada uno de los grupos, logrando una muestra lo más heterogénea posible y se refinaron estos padrones para evitar ponderar demasiadas empresas de un mismo rubro, aspecto complejo sobre todo en localidades pequeñas del interior provincial.

Para la recolección de datos se confecciono una encuesta que estuvo conformada con 31 preguntas que revelan con diversos mecanismos basados en la premisa de obtener información simplificada que permite correlacionar las respuestas con los criterios plateado de interés para el estudio y caracterización de estas organizaciones en los aspectos mencionados. Se buscó evitar la dificultad de solicitarle al empresario que dé respuestas sobre conceptos específicos asociados al marco teórico, diseñando las preguntas de modo tal que se pueda reducir al mínimo la variación por interpretación, y para que ello no introdujese un sesgo en los datos obtenidos.

Una vez que fueron realizados todos estos pasos, se procedió a generar una nota a los empresarios que fueron encuestados, con la intención de presentar el grupo de trabajo y la encuesta a cada uno de ellos. Esta incluyó además las referencias que permitían al encuestado conocer los beneficios y el alcance tanto de la Ley 17.622 de Secreto estadístico como de la ley 24.766 sobre confidencialidad, además se llevó adelante una encuesta anónima y los datos fueron procesados de tal manera que no pueden relacionarse con los resultados publicados.

La encuesta fue diseñada con el propósito de que los empresarios no tuviesen que revelar información económica confidencial ni datos puntuales o preguntas que pudiesen incomodarlo, conociendo las características del empresario local PyMe, de modo tal que en la mayoría de los casos se utilizaron segmentos representativos para analizar la información.

En una segunda instancia, que surge dentro de este proyecto, se prevé realizar entrevistas con grupos representativos de estas empresas, para enriquecer la información y lograr obtener un conocimiento profundo sobre la visión del empresario en su entorno.

En primera instancia las encuestas se planificaron y llevaron adelante por intermedio de internet y sus herramientas lo que permitió realizar una captura de respuestas en línea del 20% del padrón propuesto para la provincia.

Dadas las dificultades propias del relevamiento, y no pudiendo lograr el número total de respuestas deseadas por intermedio de las herramientas web seleccionadas, se optó por aumentar el número de capturas en base al relevamiento sobre el terreno, realizando visitas a cada una de las localidades de la provincia para efectuar la recolección en forma presencial y con formato papel tradicional.

Para fortalecer esta instancia se utilizó al contacto institucional a través de los organismos de representación como cámaras de comercio, asociaciones empresarias o sectoriales y similares que nuclean la actividad de las PyMEs.

Finalmente se logró relevar 65 PyMEs en la totalidad de la provincia. Se decidió ponderar la muestra inicial reforzando levemente la zona centro de la provincia, destacando la fuerte influencia del sector Minero y Turístico en estas localidades, resultando de esta manera una interpretación más realista del agregado económico que incorporan estas actividades a la matriz productiva de la provincia.

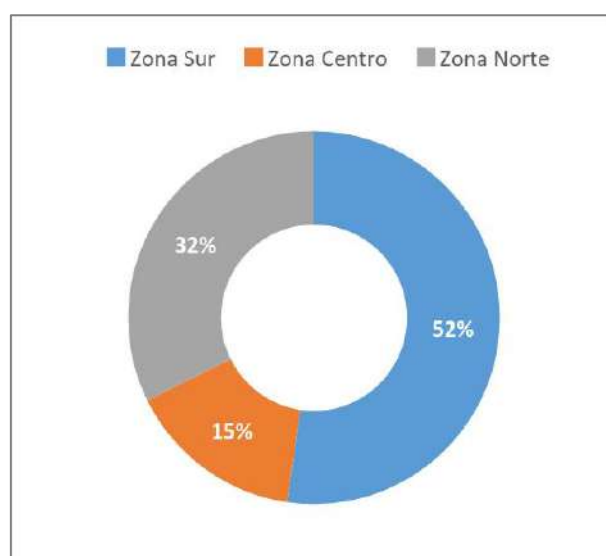


Figura 2 Distribución geográfica de Pymes encuestadas

4. LOS RESULTADOS. EL ANÁLISIS DE LOS DATOS

Para analizar de manera concreta la forma en que las organizaciones se han adaptado dentro de las nuevas corrientes de innovación y las tecnologías de información, fue necesario realizar un estudio sobre la edad promedio de las organizaciones PyMEs que fueron encuestadas.

La cantidad de años que poseían la actual conformación societaria e indagaciones sobre las conformaciones anteriores y sus motivos de cambio. Como se observa en la Figura 3, las empresas en general poseen una dispersión importante en cuanto al tiempo que poseen la actual conformación societaria

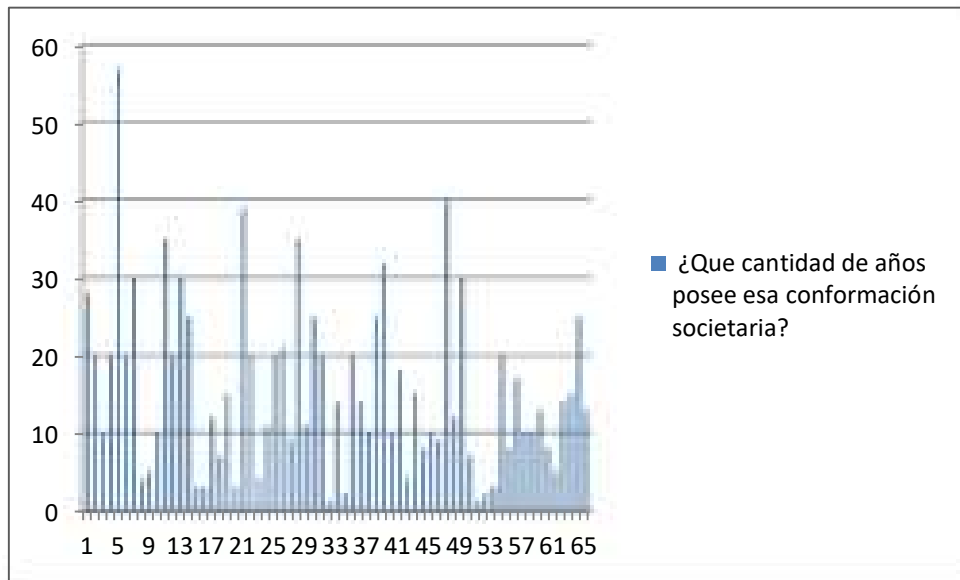


Figura 3 Años de antigüedad de las organizaciones relevadas.

Tabla 1 *Datos estadísticos de la antigüedad de las organizaciones relevadas*

14,5 años	Media acotada a un 20% sin considerar valores extremos
20 años	Valor modal de la serie
15,6 años	Promedio simple/media aritmética

La antigüedad promedio registradas de las organizaciones resulto en 16 años, lo que indica claramente que la gran mayoría de estas organizaciones dada su longevidad, de alguna forma tuvieron que adaptarse a los cambios tecnológicos e informáticos

Otro factor relevante que resulto importante evaluar fue la cantidad de empleados que participan en estas pymes, con especial énfasis en eliminar aquellos que estuvieron fuera de los criterios de exclusión mencionados.

Para ello se decidió agrupar las categorías y cantidad de trabajadores en 5 segmentos, los cuales son detallados en la figura 4 permitiendo de este modo un análisis de la cantidad de mano de obra empleada en el conjunto estudiado como así también una medida indirecta del tamaño promedio de estas PyMEs involucradas.

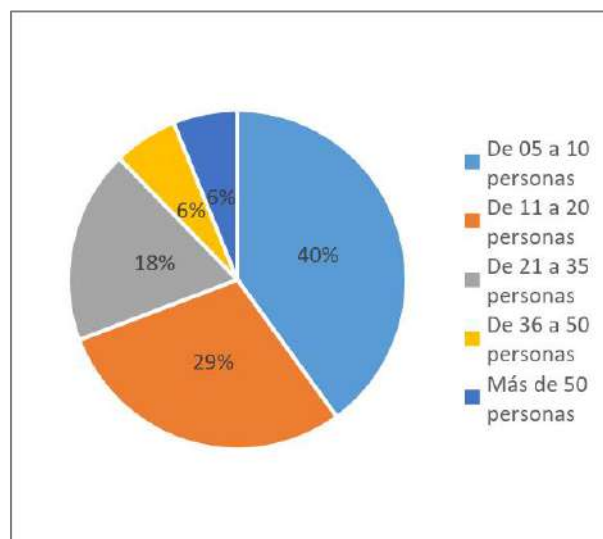


Figura 4 Distribución PyMES en función de la cantidad de empleados.

Del análisis se desprende que gran parte de las PyMES tomadas emplean una cantidad importante de empleados, particularmente se asocia este comportamiento a las empresas relacionadas al turismo y a los servicios en general, mayoritariamente.

La distribución de empleados también permite destacar un salto de escala importante entre los estratos segundo y tercero, con respecto al quinto, lo cual puede asociarse a los costos de escala que posiblemente obliguen a las organizaciones a crecer deliberadamente en la cantidad de empleados contratados, ejecutando un salto apreciable y por tanto costoso para la PyMEs [4,5].

Los empresarios Pymes santacruceños muestran una conducta poco vinculante con factores externos como los clientes, la preservación del medio ambiente como política permanente de la empresa y también las certificaciones de calidad. Este aspecto puede observarse en el nivel de respuesta de los empresarios a la pregunta si se asigna personal para los sistemas de gestión calidad y medio ambiente que indica la Figura 5.

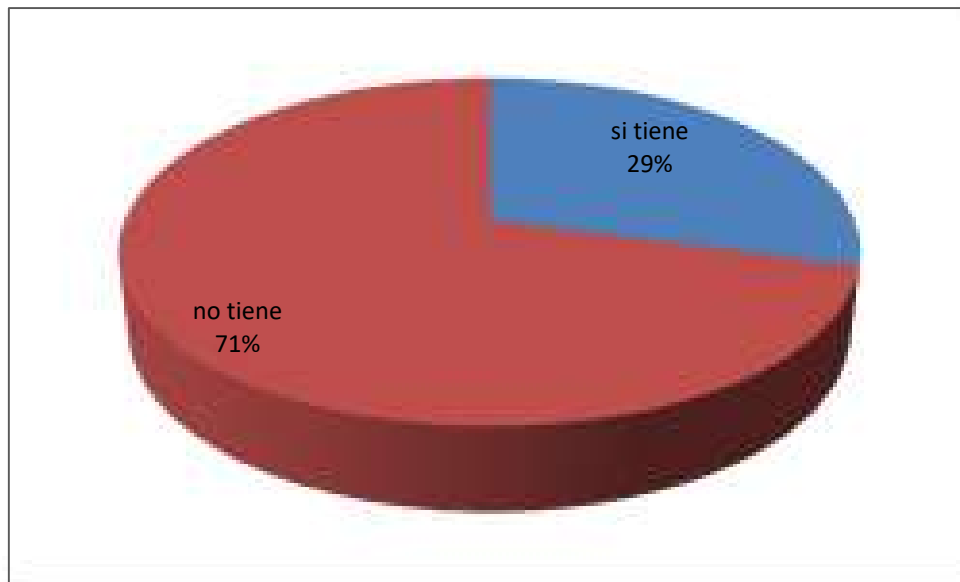


Figura 5 Distribución de empresas según asignación de personal a sistemas de gestión de calidad y medio ambiente

Claramente se observa que el empresariado no está preocupado por los aspectos de gestión, calidad y medio ambiente, muchas de éstas tareas –entre muchas otras- las lleva a cabo el gerente o socio gerente a cargo del devenir diario de cada empresa.

Algo similar ocurre con los procesos de calidad o evaluaciones de calidad, tan sólo el 29% de los respondientes indicaron que tienen personal afectado, como indica el Figura 6

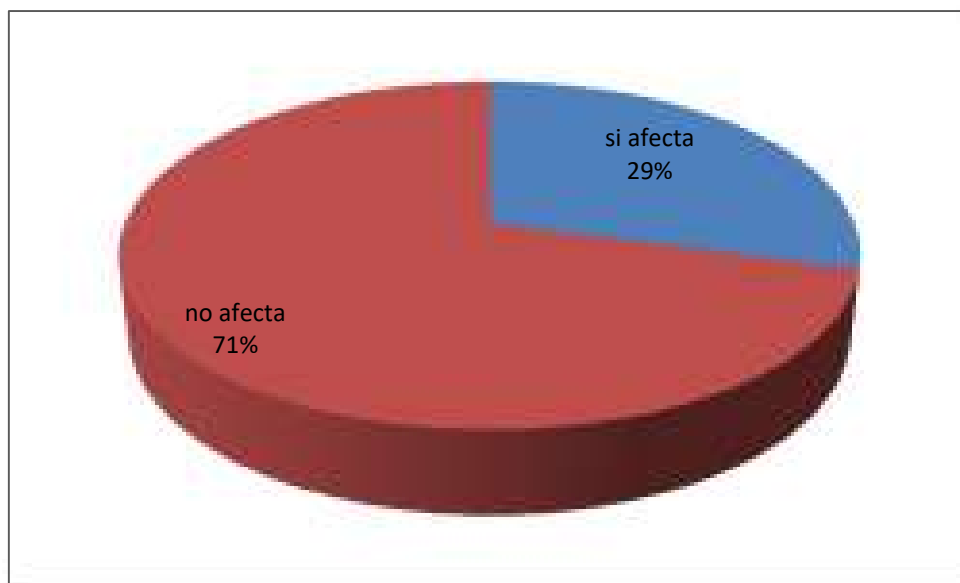


Figura 6 Distribución de empresas por afectación de personal a las evaluaciones de calidad y procesos de calidad

Se pudo observar que los empresarios Pymes de la provincia de Santa Cruz, no tienen una sólo indicación para acceder a un puesto laboral, existe una multiplicidad de exigencias algunas

mayores y otras menores, se pueden ver que para puestos calificados se exigen estudios superiores terciarios o universitario en un 9% de los casos, pero en un $\frac{1}{4}$ de las demandas de empleo no se exige “ninguna en especial” hablando de educación formal, es un porcentaje importante como para que se observe como tan impreciso. A un observador casual lo lleva a preguntarse si será que no se exige ninguna en especial como consecuencia de una caída estrepitosa de las calificaciones laborales existentes en el mercado laboral local o como un bajo resultado del sistema educativo público provincial, son aspectos que podrían ser aclarados con las entrevistas o con nuevos avances en las investigaciones de los mercados laborales.

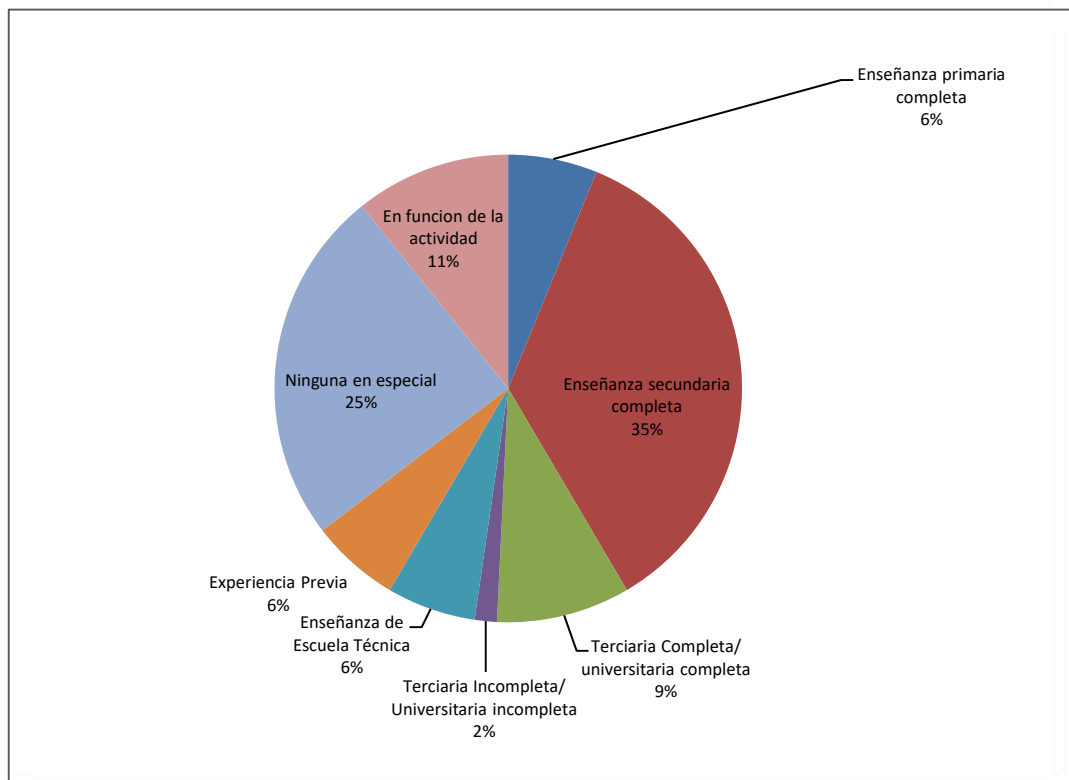


Figura 7 Requisitos para un puesto laboral en Pymes santacruceñas según resultado encuesta.

Las respuestas de requisitos solicitados para un puesto laboral en las Pymes hay que contrastarlo con la “preocupación interna” que la empresa tiene en la capacitación de su recurso humano, al parecer por la situación de inicio que se observa en la Figura 7, debiera prever algún tipo de formación complementaria para el grueso del recurso humano que está en la empresa o que se incorpora a la misma, aunque la Figura 8 puede darnos la respuesta

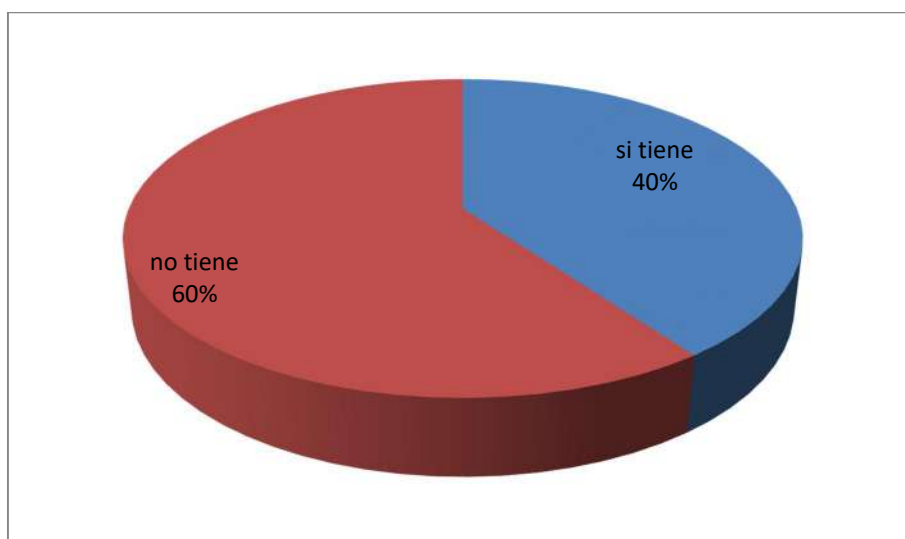


Figura 8 Distribución de empresas según asignación de personal para capacitación interna de RRHH

Como queda de manifiesto solo el 40% de las respuestas fueron afirmativas a la pregunta expresada en el título de la Figura 8, aspecto que tiene muchas implicancias sobre el nivel de

productividad que el factor trabajo puede alcanzar de hecho, y potencialmente en el futuro, con la estructura que han planteado el conjunto de las empresas santacruceñas.

Se decidió adecuar la encuesta de forma que varias de sus preguntas permitieron relacionar las respuestas con la incorporación de innovación por parte de la empresa, el análisis de diversas fuentes de innovación que indican adaptación a las nuevas tendencias de mercado y aplicación de las tecnologías, aquí se incluía el uso de Normas de Calidad basadas en normas internacionales, uso de sistemas de colaboración en línea tanto de internet como intranet, tecnologías de información y comunicación, nuevas inversiones en tecnologías para el negocio, uso de mecanismos de evaluación de satisfacción por parte del cliente, procesos de mejora continua para la prestación del servicio.

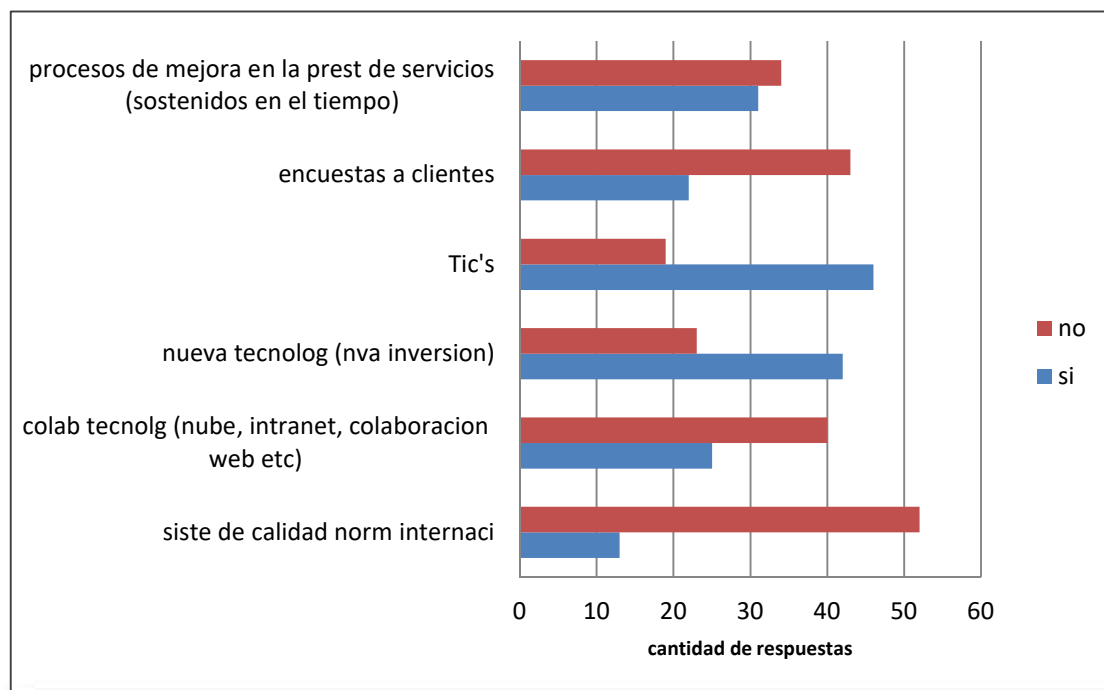


Figura 9 *Innovaciones tecnológicas introducidas en la empresa en los últimos años*

De estos datos se puede analizar que alrededor de un 70% respondió haber incorporado Tecnologías de información y Comunicación en su negocio en los últimos 5 años, lo que da indicios de la preponderancia que han tomado las herramientas informáticas en la administración de un negocio. Más de un 60% declara haber realizado alguna incorporación tecnológica para su negocio, de diversas índoles, pero asociadas con procesos de optimización y mejora del servicio o producto, indicador de como la tecnología gana terreno en la gestión de empresas PyMes. Algo más de un 50% declara ejecutar procesos de mejora continua sostenidos en el tiempo, lo cual demuestra el interés en innovar sobre la calidad y la prestación del servicio, aunque todavía hay un porcentaje levemente mayor que responde que no introdujo procesos de mejora continua a los servicios que ofrece en el mercado. El 35% declara utilizar tecnologías de colaboración en línea, lo que es un fuerte indicio de innovación en los tiempos de respuesta. El 33% declara utilizar encuestas de satisfacción al cliente y solo el 20% reconoce el uso de normas y estándares de calidad en sus productos o servicios, lo que indica un interés mucho menor por esta temática asociada a la calidad. Tanto las encuestas orientadas a clientes como los sistemas de calidad bajo normas internacionales resultan las innovaciones menos atractivas de las citadas en la encuesta, precisamente las que son indicadas por Carballo (2006) como ejes centrales de la innovación empresarial [6].

Puede inferirse de este análisis un mayor interés por parte de los empresarios PyMEs, hacia la mejora del servicio y su prestación, sesgada hacia la mejora del proceso propio del servicio, pero no hacia la opinión del cliente o a mantener estándares de calidad normalizados. En muchos casos los agentes económicos, en este caso los empresarios Pymes (oferentes) piensan que las mejoras unilaterales pueden ser suficientes, aunque la experiencia internacional da cuenta que son importantes los procesos normalizados como también una mayor relevancia al cliente como evaluador de la tarea realizada [7,8]. El someterse a la evaluación del cliente, es un mecanismo económico y eficaz, para el mejoramiento de la empresa. Luego habrá que detectar las áreas responsables del conjunto de las evaluaciones [9].

5. LAS PRIMERAS CONCLUSIONES

Si se intenta definir el recurso humano como estratégico, se da lugar a una enorme dificultad que surge de la información obtenida, que es la mano de obra que supuestamente la Pyme de Santa Cruz necesita, los datos no permiten definir “un perfil de empleado” que las empresas demanden; pero tampoco se detectan la existencia de especialidades especialmente requeridas en materia de recursos humanos o para la administración del talento humano que potencien las capacidades y aptitudes de éste factor productivo. La importancia y significación que se le otorga al recurso humano por el lado de la demanda, no parece ser distinta a la que ofrece hoy un pobre mercado laboral, fuertemente deteriorado por la educación formal obligatoria sobre todo en los últimos 4 años. Desde el sector empresario no se han aplicado correctivos generalizados (al menos eso se evidencia) a ésta situación como tampoco existe desde la gestión de las empresas una preocupación por el mercado a que abastecen, muy pocos esfuerzos en pos de capacitaciones internas, en el tratamiento específico del recurso humano con un área que se ocupe del mismo, mayormente el que se ocupa del personal es el mismo gestor empresario, gerente o socio gerente y que recurre mayoritariamente para corregir rumbos a análisis internos (sobre todo de datos) lo que evidencia que efectúa análisis empresarios en “soledad” no interactuando con otros sectores con los que se vincula a través del mercado.

Se observa muy poca innovación o incorporación tecnológica dirigida al trabajo en grupo o colaborativo dentro de las Pymes, aspecto que deberían esforzarse en cambiar los propios gestores empresarios si se pretende aumentar la productividad del factor trabajo, es en esa instancia dónde aparecen “sinergias” laborales entre talentos, sobre todo aquellas que provienen del personal que hace algún tiempo permanece incorporado en la organización.

Una primera lectura de los resultados de ésta encuesta, permite avanzar en definir al empresario Pyme de Santa Cruz, territorio en dónde el mercado no resultó muy extendido, con esto se quiere decir que la competencia no es un mecanismo muy utilizado para dirimir el éxito de una Pyme, debido fundamentalmente al tamaño del sector público tanto provincial como municipal, espacios que a su vez imponen regulaciones “costosas” al conjunto de empresas. Pueden escapar de éstos fenómenos algunas empresas, una de ellas son las que se relacionan con la explotación de un commodity (minería e hidrocarburos básicamente) porque ahí no tienen intervención las políticas del gobierno provincial y municipal, al igual que con sus contratistas, que más bien refieren a políticas empresarias o a acuerdos de partes.

Por el contrario en empresas que prestan servicios en las ciudades hacia otras empresas o para el público en general, son alcanzadas por regulaciones significativas establecidas por los niveles de gobierno indicados, y esto produce elevación de costos o el establecimiento de prácticas no competitivas, que si bien pueden ser beneficiosas para la sociedad propietaria de la firma, no lo es para el conjunto de la economía provincial porque reproduce practicas no competitivas que no general a un cierto plazo en un aumento de la variedad y cantidad de servicios prestados. Si hay un nivel de intervención elevado en la economía debería ser compensado por políticas públicas que tiendan a compensar los desequilibrios que introduce la elevada demanda originada desde el sector público pertinente.

Estas prácticas poco competitivas han producido un empresario con escaso vínculo con sus clientes, no es propenso a tomar al cliente como punto de referencia, un modo “económico” de saber hacia dónde va su empresa, mencionado por muchos autores como el mecanismo “innovador” por excelencia. Un empresario con prácticas más aisladas, o con avances más solitarios y en silencio que con el conglomerado con el que se debiera vincular, gobierno, universidades, proveedores y clientes. En éste escenario las practicas asociativas entre empresas serían de difícil aplicación y consecución.

6. REFERENCIAS

- [1] Martínez Llana, Daniel. (2010). *La Evolución Económica reciente de la provincia de Santa Cruz*. Buenos Aires. 1ra Edición. EduTecNe. Publicación Digital.
http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/economia_santa_cruz.pdf
- [2] Martínez Llana, Daniel; Coloe, Ernesto. (2013). *Río Gallegos, Su importancia económica y su capacidad fiscal en el contexto provincial*. Buenos Aires. 1ra Edición. EduTecNe. Publicación Digital.
http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/rio_gallegos-santa_cruz.pdf

- [3] Garcia, R. (2006). *Interdisciplinariedad y sistemas complejos*. Madrid. 1ra Edición. Gedisa. España.
- [4] HARPER y LYNCH. (1992). *Manuales de recursos humanos*. Madrid. 1ra Edición. Ed. Gaceta de Negocios. España.
- [5] Bohlander, G; Snell, S. (2007). *Managing human resources*. New York. 14ta Edición. Cengage Learning. Estados Unidos.
- [6] Carballo, Roberto. (2006). *Innovación y gestión del conocimiento*. Madrid. 1ra Edición. Ediciones Díaz de Santos. España.
- [7] Cuesta, Armando; Figueroa Gonzalez, Jose Manuel. (2015) *Gestión Estratégica de los Recursos Humanos*. España. FUNIBER. Material del Master en Desarrollo Estratégico.
- [8] Cuesta, Armando. (2002) *Gestión del conocimiento. Análisis y proyección de los recursos humanos*. La Habana. 1ra Edición. Ed. Academia. Cuba.
- [9] Cuesta Santos, A. (2005). *Tecnología de Gestión de Recursos Humanos*. La Habana. 2da edición. Ed. Academia. Cuba.

Caracterización de los procesos de inventario en bienes tecnológicos

García Juan Carlos; Zanfrillo, Alicia Inés; Schualle, Marcos Germán

Universidad Nacional de Mar del Plata

jgarcia@fi.mdp.edu.ar

RESUMEN

Los avances tecnológicos y la exigencia de nuevo equipamiento cada vez más sofisticado unido a la denominada "cultura del desechar" instalada en la sociedad surge una consecuencia que cambia la fisonomía de espacios públicos y privados, generando impactos en el entorno a través del ingente volumen de aparatos eléctricos y electrónicos –AEE– que al finalizar su vida útil son descartados, generando una nueva industria, la del desecho tecnológico.

Estos aparatos que una vez agotado su valor se convierten en residuos o basura electrónica suponen en la actualidad uno de los mayores retos para el desarrollo sostenible de ciudades y regiones. Plantean los interrogantes de rediseño, reúso y reciclado en forma perentoria, dada la magnitud de equipos que se desechan.

El propósito del trabajo es caracterizar los procesos de gestión del inventario de bienes tecnológicos tanto en su desafectación como en su traslado o donación a otras instituciones para determinar la magnitud de equipamiento electrónico desafectado que se encuentra en el final de su vida útil en la Universidad Nacional de Mar del Plata –UNMdP– durante el año 2014. Se adopta una investigación cuantitativa a través de un análisis de fuentes secundarias sobre los registros patrimoniales de la institución de educación superior. Los resultados muestran la desvinculación de bienes con prevalencia de origen en los sectores administrativos, bajas mayoritarias entre dispositivos de salida así como equipos de computación y obsolescencia de bienes de una vida útil acotada a menos de un lustro.

Palabras clave: educación superior - desechos tecnológicos - AEE - inventario

ABSTRACT

Technological advances and the demand for new and increasingly sophisticated equipment, coupled with the so-called "culture of discard" installed in society, a consequence that changes the physiognomy of public and private spaces, generating impacts in the environment through the enormous volume of electrical and electronic equipment -AEE- that at the end of its useful life are discarded, generating a new industry, that of the technological waste.

These devices that once exhausted their value become waste or electronic waste are currently one of the greatest challenges for the sustainable development of cities and regions. They raise the questions of redesign, reuse and recycling in a peremptory way, given the magnitude of equipment that are discarded.

The purpose of the paper is to characterize the processes of management of the inventory of technological goods both in their disaffection and in their transfer or donation to other institutions to determine the magnitude of disused electronic equipment that is at the end of its useful life at the National University of Mar del Plata -UNMdP- during the year 2014. Quantitative research is adopted through an analysis of secondary sources on the patrimonial registers of the institution of higher education. The results show the decoupling of goods with a prevalence of origin in the administrative sectors, major decreases among output devices as well as computer equipment and obsolescence of goods with a limited life span less than a lustrum.

Key words: higher education - technological waste - AEE - inventory

1. INTRODUCCIÓN

El nuevo orden social y productivo, que tiene su origen a fines de los años sesenta y mediados de los setenta como consecuencia de "... tres procesos independientes: la revolución de la tecnología de la información; la crisis económica tanto del capitalismo como del estatismo (...); y el florecimiento de movimientos sociales y culturales" [1], da lugar a una nueva sociedad, la sociedad-red, una nueva cultura caracterizada por la virtualidad y una nueva economía, la economía del conocimiento. Esta nueva economía, de carácter global, se basa en la prevalencia del conocimiento como factor clave de la función de producción generando nuevas industrias y negocios con preeminencia del sector servicios como actividad económica y una irrupción de las tecnologías en todas las esferas del quehacer humano.

En este orden emergente, con una rápida obsolescencia no solo de los productos sino del conocimiento, ajustados para un uso instantáneo y de única vez como ocurre con las versiones mejoradas de software a través del agregado de funcionalidades, se generan nuevas formas de producción y de desarrollo, dando lugar a la banca financiera virtual, la personalización de productos según los requerimientos del cliente y nuevos canales de comercialización entre usuarios y organizaciones [1,2]. Por su parte, los productos tanto como los vínculos tienen un lapso de vida limitado y al término de su vida útil se desechan evitando aquellos con una extensa duración por la dificultad para descartarlos, caracterizando así al consumismo actual no a través de "... la acumulación de cosas, sino por el breve goce de estas cosas" [2]. Bajo la denominada "cultura del desechar" instalada en la sociedad surge como consecuencia un cambio en la fisonomía de espacios públicos y privados, generando impactos en el entorno a través del ingente volumen de aparatos eléctricos y electrónicos –AEE– que al finalizar su vida útil son descartados, generando una nueva industria, la del desecho tecnológico.

Estos aparatos, que agotado su valor para usuarios y organizaciones se convierten en residuos o basura electrónica suponen en la actualidad uno de los mayores retos para el desarrollo sostenible de ciudades y regiones. Plantean los interrogantes de rediseño, reúso y reciclado en forma perentoria, dada la magnitud no solo en tamaño sino en cantidad de equipos que se desechan por su rápida obsolescencia o por la necesidad de actualización. Las circunstancias que ameritan esta condición se basan en la toxicidad de sus componentes que deben ser tratados al término de su vida útil para evitar la contaminación en el medio físico, dado que contienen materiales que pueden impactar negativamente no solo en el ambiente sino en la salud humana, unidos a otros materiales que poseen valor de comercialización una vez recuperados de los equipos que los contienen [3].

El flujo de este tipo de desechos no tiende a su saturación. Por el contrario, con una actualización permanente de las computadoras personales debido a la innovación que se incorpora en ciclos de vida cada vez más cortos, junto con la proliferación de nuevos modelos de equipos demandados en materia de telecomunicaciones y de juegos electrónicos, el volumen de residuos tecnológicos aumenta proporcionalmente respecto de su consumo [4,5]. Tras el final de la apreciación de su utilidad ya sea por usuarios u organizaciones, se encuentra una amplia gama de aparatos como teléfonos móviles, computadoras, electrodomésticos, equipos de sonido y de diagnóstico entre otros. La Unión Europea establece directivas en su legislación del año 2002 a fin de prevenir la generación de residuos contaminantes conjuntamente con la promoción de su reutilización, distinguiendo un vasto conjunto de AEE como ámbito de actuación para esta normativa:

- grandes y pequeños electrodomésticos
- equipos informáticos y de telecomunicaciones
- aparatos electrónicos de consumo
- aparatos de alumbrado
- herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales fijas de gran envergadura)
- juguetes y equipos deportivos y de tiempo libre
- materiales médicos (con excepción de los productos implantados e infectados)
- instrumentos de mando y control
- máquinas expendedoras

Este tipo de aparatos una vez finalizado su valor, en la literatura científica se los reconoce como residuos o basura electrónica, *e-waste* o su equivalente en español como residuos de aparatos eléctricos y electrónicos –RAEE–, también conocidos bajo las denominaciones de *e-scrap* o *e-trash* o simplemente, chatarra electrónica. Son definidos por la OCDE como “cualquier dispositivo que utilice un suministro de energía eléctrica, que haya alcanzado el fin de su vida útil” [6]. En la nueva legislación del año 2015 sobre RAEE, la Unión Europea los define como “todos los aparatos eléctricos y electrónicos que pasan a ser residuos”, es decir todos aquellos elementos que son descartados abarcando al conjunto de componentes que conforman el producto al momento de desecharse [7]. Esta legislación propone un modelo de gestión que plantea no solo diseños más eficientes en los equipos para facilitar su tratamiento posterior al transformarse en desechos, sino que agregan el principio de responsabilidad ampliada –RA– del productor, en su responsabilidad en los costos resultantes de la gestión de los residuos. En nuestro país, no existe una legislación a nivel nacional sino regulaciones a nivel provincial, como la de la provincia de Buenos Aires a través de la Ley N° 14.321 y una propuesta realizada en el año 2012 como Ley de Basura Electrónica que planteaba un diseño con mayores facilidades de reciclaje, libre de contaminantes y mayor duración en su ciclo de vida útil denominado “eco diseño” así como la responsabilidad individual del productor en la función de responsables legales del ciclo completo del producto incluyendo el reciclado cuando los equipos son desechados por sus compradores [5].

Una visión de la magnitud de esta problemática se puede obtener en los indicadores sobre la cantidad de kg de desechos que se generan por país en relación con el tamaño de la población. En Argentina para el año 2012 se producían 7,0 kg de RAEE por habitante generando un total de 291,7 kilotonnes de residuos en forma anual [8]. En la región de América del Sud, nuestro país se encuentra en la sexta posición sobre los doce analizados, concentrando Chile el mayor valor, con 9,9 kg RAEE/hab. Esta posición que podría considerarse ventajosa con respecto a otros países de la región, se ve afectada por el caudal y concentración de residuos que se ubican en un menor número de habitantes, así el volumen de residuos posiciona a nuestro país en el tercer lugar con 291,7 Ktons RAEE después de Brasil que se encuentra en primer término con 1.411,9 Ktons RAEE y de México en segundo lugar con 957,9 Ktons RAEE [8,9].

El volumen de equipos en desuso presenta una alta tasa de crecimiento en nuestro país para las computadoras personales, símbolo emblema de la sociedad de la información: mientras que durante 20 años se descartaron 1,9 millones en el período 1984-2005, para el próximo lustro la cifra asciende a 2,3 millones hasta alcanzar los 2,8 millones en el trienio 2011-2013, superando en el año 2012 el número de unidades vendidas [10]. A pesar de estas elevadas cifras, existen escasas empresas dedicadas a este negocio emergente de la sociedad de la información, así como una marcada ausencia de sistemas integrales de gestión [11, 12]. Estas cifras justifican ampliamente la adopción de una perspectiva que contemple una gestión integral de los RAEE con énfasis en la reducción y prevención en la generación de residuos [13].

El desarrollo de sistemas integrados que faciliten la adquisición, clasificación, inventario y disposición final así como el seguimiento post-consumo en las organizaciones en favor de la trazabilidad de estos bienes es aún incipiente en Latinoamérica. Plataformas como RAEE-Perú, RELAC, E-basura de la Universidad Nacional de La Plata, RAEE-Colombia o EWASTE proporcionan información sobre la gestión de los residuos y las políticas que las sustentan. A fin de facilitar una gestión sostenible de los RAEE se requiere conocer la arquitectura del sistema, es decir el diseño estructural de los procesos principales definidos a través del abastecimiento e inventario en particular, del uso y destino de los aparatos y equipos que han perdido su vida útil o agotado su valor.

Las características de fabricación, distribución, uso y disposición final se diferencian según el tipo de bien tecnológico que se trate. Así la fabricación implica reconocer los actores que realizan la provisión del equipamiento a través de las modalidades de adquisición –directa, por licitación o donación– junto con los canales de distribución que en nuestro país se realizan a través de un complejo tejido de actores tanto formales como informales [13]). Finalmente, la disposición comprende los destinos posibles para el equipamiento que es desechado, ya sea que se lo almacene en la propia institución, se realicen donaciones, ventas o cesiones a otros organismos, a fin de efectuar el proceso de baja del bien. Es necesario que el proceso de inventario registre el destino de los bienes que se han convertido en desechos a través de diferentes modalidades como la venta si el bien dispone de valor, la transferencia a otras

dependencias o sectores dentro de la misma organización o en última instancia, se recurre a la donación a otras organizaciones ya sea de la sociedad civil o bien, del propio sector. De esta forma, se podrá disponer de las previsiones necesarias para los futuros desechos [12]. Correlacionados consumo y desecho, la problemática se presenta en constante aumento bajo las previsiones de la Universidad de las Naciones Unidas con una estimación de un 500% para la próxima década, exigiendo políticas que establezcan estrategias para la recuperación y tratamiento, tanto de los materiales valiosos como de aquellos tóxicos presentes en los RAEE [5]. En este sentido, con el grado de penetración en el país y en la región de los adelantos tecnológicos de la época –telefonía móvil, banda ancha, computadoras, tablets y digitalización de equipos eléctricos entre otros– la necesidad de disponer de sistemas integrados en los procesos de adquisición e inventario a fin de prevenir sobre la pronta obsolescencia de los AEE y las alternativas de extensión de su vida útil o reubicación se torna cada vez más necesaria para concientizar a usuarios y organizaciones en un tratamiento sustentable de estos elementos acorde con el cuidado de la salud y del ambiente basado en la elaboración y divulgación de buenas prácticas [13].

2. DESARROLLO

El trabajo se enmarca en una investigación del tipo exploratoria-descriptiva con métodos cuantitativos a efectos de analizar los procesos de desafectación de bienes tecnológicos en la UNMdP para el año 2014. Este propósito se lleva a cabo a través de un diseño metodológico cuantitativo con fuentes de información secundarias a partir de los registros patrimoniales que posibilitarán el análisis de la desvinculación de los bienes tecnológicos a fin de diseñar estrategias que faciliten la elaboración y difusión de buenas prácticas en el contexto local. Se aplican técnicas de análisis de contenido sobre información secundaria documental y datos cuantitativos que permitan tipificar los bienes según su origen, tipo de tecnología, nivel de obsolescencia y destino a través de la información codificada que se dispone en la organización (normativas, planes, inventarios, cargos patrimoniales).

El análisis de la normativa en la UNMdP sobre el uso y destino de los bienes tecnológicos junto con los informes de gestión establecen la posibilidad de venta, transferencia o baja sin que se refiera a estas actividades con indicadores específicos. Sobre de 295 bienes relevados en los registros patrimoniales el 82,4% corresponde a la desafectación de bienes tecnológicos para el año en estudio mientras que el 17,6% restante se ubica en la categoría de mobiliario incluyendo sillas, ficheros, taburetes, estufas, campanas de extracción, armarios metálicos, estanterías bajo mesadas, mesas para máquinas de escribir y racks (Tabla N°1).

El destino de todos los bienes analizados fue efectuado a través de una transferencia sin cargo en forma prácticamente exclusiva al sector público en la figura de la Unidad Penal N° 15 de Batán y solo una de las operaciones de desafectación corresponde a un dispositivo a gas para transferido a la organización del Tercer Sector denominada Consejo Local de Promoción de los Derechos de los Niños, Niñas, Adolescentes y Jóvenes del Partido de General Pueyrredon. Si bien los bienes dados de baja tienen posibilidad de ser vendidos, transferidos o donados según la RR N° 3130/07, se observa que en la práctica se adopta la transferencia sin cargo para la desvinculación tanto del mobiliario como del equipamiento tecnológico con un trámite iniciado con los bienes a desafectar indicando la entidad destinataria sin emplear las otras opciones establecidas en la reglamentación.

Tabla N° 1. Distribución de bienes dados de baja según tipo. UNMdP. 2014.

Tipo de bienes	N°	%
Dispositivos eléctricos y electrónicos	243	82,4
Mobiliario	52	17,6
Total general	295	100,0

El origen de los bienes que se desafectan provienen para el año en análisis de dos dependencias de la UNMdP exclusivamente: mientras que el Rectorado reúne el 35,0% entre dispositivos y mobiliario dados de baja, el 65,0% de las desvinculaciones corresponden a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (Tabla N° 2). En cada una de estas dependencias puede observarse que la mayor cantidad de bienes corresponden en la unidad central a la

infraestructura tecnológica que da soporte a los sistemas y conectividad de toda la institución pues se localizan allí las que proceden del Centro de Cómputos con un 29,6%. En la unidad académica el sector administrativo tiene una prevalencia sobre la desafectación de bienes correspondiente a las actividades de investigación con un 46,1% en una relación de 7 unidades en administración por cada 3 de investigación.

Tabla 2. Distribución de bienes dados de baja según origen. UNMdP. 2014.

Unidad Académica	Sector	Nº	%
Rectorado	Administrativo	13	5,4
Rectorado	Infraestructura tecnológica	72	29,6
Fac. de Cs. Exactas y Naturales	Administrativo	112	46,1
Fac. de Cs. Exactas y Naturales	Investigación	46	18,9
Total general		243	100,0

A fin de reconocer el tipo de bien dado de baja en la institución de educación superior se adopta la clasificación efectuada por el Tribunal de Tasaciones de la Nación perteneciente al Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios en la norma TTN 11.3 donde se distinguen los dispositivos tecnológicos por rubro y descripción [14]. Los bienes dados de baja tienen una distribución mayoritariamente entre los dispositivos de salida con el 49,4% y los equipos de computación con el 33,7% (Tabla Nº 3) en un total de 83,1%. En la categoría de dispositivos de salida se contemplan monitores, fotocopiadoras, impresoras, parlantes, máquinas de escribir, proyectores y televisores. Se localizan en equipos de computación los servidores y CPU (unidad central de procesamiento). Escasamente se desafectan bienes como baterías, calculadoras y dispositivos específicos de laboratorio.

Tabla 3. Distribución de bienes dados de baja por vida útil según tipo de dispositivo. UNMdP. 2014.

Tipo de dispositivos	Nº	%
Baterías	1	0,4
Dispositivos de almacenamiento	3	1,2
Dispositivos de entrada	25	10,3
Dispositivos de entrada/salida	1	0,4
Dispositivos de salida	120	49,4
Dispositivos para conectividad	1	0,4
Electrodomésticos línea blanca	7	2,9
Equipo de computación	82	33,7
Equipo de laboratorio	1	0,4
Teléfono celular	2	0,8
Total general	243	100,0

Entre los dispositivos de salida el 71,7% de los dispositivos dados de baja corresponde a monitores del tipo CRT (*Cathode Ray Tube*). Este dispositivo además de tener una rápida obsolescencia ha sido superado por los avances en el diseño de hardware y reemplazado por nuevas tecnologías como por ejemplo el LCD (*Liquid Crystal Display*) que proporciona mejor calidad en la definición de imágenes, mayor portabilidad y menor espacio físico para su ubicación [15]. La procedencia de los monitores se ubica en forma aproxima con proporciones similares para la unidad central con el 52,3% y la unidad académica con el 47,7%. Cabe señalar que el Centro de Cómputos dependiente del Rectorado, tiene una sala equipada para el acceso de los usuarios sobre la que se efectuó una actualización en los monitores. Entre las marcas de mayor desvinculación se encuentran 21 unidades de marca Kelyx, 12 correspondientes a Samsung y 9 tanto Digital como LG, las cuales representan el 59,3% del total de las distintas marcas transferidas, con el 24,4%, 14,0%, 10,5% y 10,5% respectivamente del total de monitores dados de baja.

La obsolescencia programada de los bienes se establece bajo la mencionada norma TTN 11.3 la cual establece un valor de tasación en función de la depreciación del bien basado en (1) valor de reemplazo equivalente, (2) valor residual al final de su vida útil, (3) vida útil y (4) estado del bien al momento de la inspección [14]. Se define el período de la vida útil para los bienes

como "... el tiempo en años que el bien puede ser utilizado normalmente, con mantenimiento adecuado, en buenas condiciones operativas y tecnológicas" [14]. Se observa que la mayoría de los dispositivos desafectados se ubican preferentemente en la categoría de vida útil de 3 años (90,1%) correspondiendo a los dispositivos de salida y a los equipos de computación las mayores proporciones respecto de una rápida obsolescencia, el 49,8% y el 37,4% respectivamente con un total de 87,2% (Tabla Nº 4). Los dispositivos de salida y los electrodomésticos de línea blanca se sitúan con una vida útil de 5 años y una proporción del 6,6% sobre el total de AEE destinados a ser transferidos a diferentes organizaciones.

Tabla 4. Distribución de bienes dados de baja por vida útil según tipo de dispositivo. UNMdP. 2014.

Tipo de dispositivos	Años de vida útil					Total general
	1	3	4	5	10	
Baterías	0	0	1	0	0	1
Dispositivos de almacenamiento	0	3	0	0	0	3
Dispositivos de entrada	3	22	0	0	0	25
Dispositivos de entrada/salida	0	0	0	1	0	1
Dispositivos de salida	0	109	0	8	3	120
Dispositivos para conectividad	0	1	0	0	0	1
Electrodomésticos línea blanca	0	0	0	7	0	7
Equipo de computación	0	82	0	0	0	82
Equipo de laboratorio	0	0	0	0	1	1
Teléfono celular	0	2	0	0	0	2
Total general	3	219	1	16	4	243

3. CONCLUSIONES

La actualización del equipamiento tecnológico en las instituciones de educación superior, los ciclos de vida cada vez más cortos en consonancia con los nuevos desarrollos de software que por su grado de sofisticación exigen hardware de última generación son situaciones que plantean procesos de adquisición y de desafectación continuos. En la investigación realizada, se observa dos cuestiones principales: la primera, que la UNMdP no genera desechos tecnológicos según la definición provista por la OCDE para los RAEE pues no son considerados residuos sino que una vez agotada su vida útil son transferidos sin cargo a organizaciones del sector público o del Tercer Sector asumiendo la categoría de bienes de segunda mano. El volumen de equipamiento transferido durante el año 2014 en la UNMdP da cuenta por una parte de la reducción de la brecha digital en las organizaciones destinatarias pues la disponibilidad de equipamiento es el primer paso para desarrollar competencias para su uso. A pesar de esta aparente ventaja radicada en las organizaciones receptoras representa para la universidad un mayor consumo una vez instalada la carrera por la actualización tecnológica.

En segundo lugar, se observa la falta de sistemas de información que permitan la trazabilidad de componentes y equipamientos respecto tanto de su vida útil como sobre las posibilidades de extensión de su ciclo de vida para así facilitar el desarrollo de políticas que permitan el reúso y reciclado al interior de la organización a fin de reducir el consumo y maximizar su potencial dentro. En este sentido, una de las soluciones que ha sido probada con éxito en otras universidades y organizaciones corresponde a la actualización de los componentes de los equipos para potenciar un funcionamiento sostenible en el tiempo, a través de una política institucional que promueva este tipo de adquisiciones y renovaciones. La actual falta de integración de los sistemas de información así como la desactualización de la normativa impide que se pueda dar seguimiento y control a las trayectorias de los dispositivos tecnológicos desde su adquisición hasta la desvinculación final, actuando como compartimentos estancos sin posibilidad de comunicación directa a excepción de interfaces expresamente diseñadas que recuperen los equipos con vida útil de unos para asignar vida útil, posibilidad de extensión y

destinatarios posibles así como la gestión de movimientos en el marco de requerimientos o posible reutilización en otras dependencias.

Los desafíos actuales de las instituciones de educación superior requieren no solo de sistemas de información más eficientes e integrados, sino de la incorporación de la dimensión ambiental en su diseño para que se considere la participación de los ciclos de vida completos en los productos, en una clara orientación hacia los procesos y no a las dependencias funcionales exclusivamente unido a un compromiso con el medio ambiente que promueva el relevamiento de necesidades de equipamiento bajo políticas de extensión de la vida útil y reúso en diferentes sectores de la universidad para no solo incrementar el lapso de tiempo que se emplea el dispositivo al interior de la organización sino que opere como un vehículo para el conocimiento de toda la comunidad universitaria en la generación de bienes tecnológicos en desuso.

4. REFERENCIAS

- [1] Castells, M. (1997). La era de la información: Economía, sociedad y cultura, 3 vols. Madrid: Alianza
- [2] Bauman, Z. (2007). Los retos de la educación en la modernidad líquida. Barcelona: GEDISA.
- [3] Silva, U. (2009). Gestión de residuos electrónicos en América Latina. Santiago, Ediciones Sur/Plataforma RELAC SUR/IDRC. Recuperado de: http://www.web-resol.org/cartilha14/gestion_de_residuos_en_america_latina.pdf
- [4] Widmer, R., Krapf, H. O., & Sinha-Khetriwal, D. (2009). Introducción general: Perspectivas globales sobre residuos electrónicos. In: *Gestión de residuos electrónicos en América Latina*, 23. Recuperado de: http://www.compostagem.com.br/cartilha14/gestion_de_residuos_en_america_latina.pdf#page=20
- [5] Unión Internacional de Telecomunicaciones (2015). Gestión Sostenible de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en América Latina. Basilea: UIT. Recuperado de: https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/0b/11/T0B110000273301PDFS.pdf
- [6] Organisation for Economic Cooperation and Development (2001). Extended Producer Responsibility: A Guidance Manual for Governments. Paris: OCDE.
- [7] Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2015). Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. España: Boletín Oficial de España - BOE. Recuperado de: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-1762
- [8] Step (2014). Iniciativa Step Solving the E-waste Problem. Recuperado de <http://www.stepinitiative.org/>
- [9] Román, I. (2014). eWaste en América Latina: El aporte de los operadores móviles en la reducción de la basura electrónica 1 (1), 1-44. Recuperado de: <http://www.gsma.com/latinamerica/wpcontent/uploads/2014/05/eWaste-Latam-spa-Completo.pdf>
- [10] Cámara de Empresas de Software y Servicios Informáticos de Argentina (2013). Reporte semestral sobre el Sector de Software y Servicios Informáticos de la República Argentina. Observatorio Permanente de la Industria del Software y Servicios Informáticos. Argentina: CESSI.
- [11] Restrepo, L. U., Rodríguez, S. M., Hernández, C. A., & Ott, D. (2010). Manejo de los RAEE a través del Sector Informal en Bogotá, Cali y Barranquilla. *Programa Seco/Empa sobre la Gestión de RAEE en América Latina*, Colombia, Reporte técnico. Recuperado de: http://ewasteguide.info/files/100427_SectorInfomal_BOG-CAL-BQL.pdf
- [12] Ott, D. (2008). Gestión de Residuos Electrónicos en Colombia. Diagnóstico de Computadores y Teléfonos Celulares. Medellín, Colombia: Federal Institute for Material Testing and Research (EMPA) / Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales de Colombia (CNPMLTA).
- [13] Fernández Protomastro, G. (2014). Buenas prácticas para la gestión sostenible de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos - RAEE. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Grupo Uno. Recuperado de: http://www.residuoselectronicos.net/archivos/lineas_base/LINEA_BASE_ARGENTINA

[_FERNANDEZPROTOMASTRO.pdf](#)

- [14] Ministerio de Planificación Federal. Inversión Pública y Servicios. Tribunal de Tasaciones de la Nación. (2006). Norma TTN 11.3: valuación de bienes muebles. Recuperado de: http://www.ttn.gov.ar/normas/norma_11_3.htm
- [15] Ministerio de Educación, Cultura y Deporte – España (2005). El Monitor: tipos y características. Observatorio Tecnológico. Recuperado de: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/fr/equipamiento-tecnologico/hardware/268-eduardo-quiroga-gomez>

X Congreso Argentino de Ingeniería Industrial

Mapeo de Actitudes y Emociones en Grandes Organizaciones (M.A.E)

Blanda Daniel¹
Licenciado en Psicología
Master en Dirección de RRHH

Santiago Raynoldi²
Licenciado en Organización Industrial
Especialista en Management Tecnológico

Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Chubut
Av. del Trabajo 1536
Puerto Madryn

daniel.blanda@yahoo.com.ar

sraynoldi@gmail.com

**Código asignado: CO17-B07*

**Área temática:
"Gestión de las Organizaciones
y del Conocimiento Organizacional"*

RESUMEN

Finalizando ya la segunda década del siglo XXI comprobamos que el logro del compromiso de la gente con los objetivos organizacionales es el reto fundamental por el que atraviesan las grandes empresas para obtener verdaderas ventajas competitivas y sostenibles en un mercado que presenta como nunca antes confusión, incertidumbre, cambios repentinos o éxitos fugaces.

Bajo esta consideración advertimos que el rol desempeñado por las áreas de RRHH, es el de dar soporte a quienes dirigen personas, no el de suplantarlos. Como ejemplo digamos que son los jefes quienes tienen que evaluar a sus subordinados, y es el área de RRHH la que debe brindar ayuda en estas evaluaciones. Por ello mejor que jugar un rol de staff, los profesionales de RRHH deberán llegar a ser consultores internos conocidos por su experiencia y habilidad para diseñar y contribuir a implementar las mejores políticas y sistemas de gestión comprometidos con la efectividad organizativa.

Atentos a estas necesidades, nuestro trabajo consiste en generar conocimientos e instrumentos tecnológicos válidos capaces de aportar valor a la gestión profesional de RRHH. Por ello nos proponemos identificar los comportamientos, las emociones y formas de pensar que manifiesta el personal frente a los desafíos propuestos por la empresa, construyendo un mapa de posicionamientos actitudinales segmentados por áreas, niveles o edades que permitan establecer planes de acción de alto impacto organizacional y con auténtico valor estratégico.

En el proyecto, que está en su etapa de desarrollo, se diseñará una metodología de relevamiento y un software que permitirá realizar, aplicando diversos filtros o criterios, un mapa de posicionamientos actitudinales y emocionales de todos los integrantes de la organización.

En el congreso se presentará el marco conceptual en el que se elabora el trabajo, los ejes y aspectos que determinan los aspectos emocionales y las actitudes de los empleados que trabajan

dentro de grandes organizaciones, la metodología, la estructura y la lógica con la que se plantea el software para realizar el mapeo correspondiente.

Palabras Claves: emociones – actitudes – mapeo – clima organizacional

ABSTRACT

At the end of the second decade of the twenty-first century, we find that achieving people's commitment to organizational objectives is the fundamental challenge that large companies face in order to obtain true competitive and sustainable advantages in a market that presents as never before confusion, uncertainty, sudden changes or fleeting successes.

Under this consideration we warn that the role played by the HR areas is to support those who lead people, not to supplant them. As an example let's say that it is the bosses who have to evaluate their subordinates, and it is the HR area that should provide help in these evaluations. Therefore, better than playing a staff role, HR professionals should become internal consultants known for their experience and ability to design and contribute to implementing the best policies and management systems committed to organizational effectiveness.

Attentive to these needs, our work is to generate valid knowledge and technological tools capable of adding value to professional HR management. For this reason, we intend to identify the behaviors, emotions and ways of thinking that the staff presents in front of the challenges proposed by the company, constructing a map of attitudinal positions segmented by areas, levels or ages that allow to establish action plans of high organizational impact and with real strategic value.

In the project, which is in its development stage, a survey methodology will be designed and software will be used to make a map of attitudinal and emotional positions of all the members of the organization, applying different filters or criteria.

The conference will present the conceptual framework in which work is done, the axes and aspects that determine the emotional aspects and the attitudes of the employees that work within large organizations, the methodology, the structure and the logic with which raises the software to perform the corresponding mapping.

Keywords: emotions - attitudes - mapping - organizational climate

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Presentación

Para que una organización, sea ésta de carácter público o privado, ofrezca un servicio o producto de alta calidad y resulte económicamente sustentable, deberá saber definir su estrategia y comprometer en ella a todos sus colaboradores.

El compromiso de las personas se torna fundamental y representa, para las Organizaciones, su principal indicador de éxito. Pero éste no se logra por imposición, ni siquiera por persuasión. Se requiere de un conocimiento realista sobre lo que piensa, siente y la forma de actuar que muestran quienes trabajan, en relación a las variables que determinan su desempeño (liderazgo, sentido de pertenencia, trabajo en equipo, comunicación, salario, reconocimiento...). Este saber se constituye en estratégico, dado que permitirá formular planes de acción específicos, tendientes a alinear el interés de todos, con los desafíos de la empresa.

Los estudios de Clima Organizacional representan una valiosa herramienta empleada por los profesionales de Recursos Humanos para conocer de un modo efectivo las expectativas, experiencias de trabajo y opiniones que conforman la imagen que todos tienen acerca de su propia Organización. Su principal objetivo es identificar fortalezas y oportunidades de mejoras que servirán de input para diseñar acciones tendientes a optimizar la efectividad organizacional, el grado de fidelización y motivación de sus colaboradores.

Sin embargo, los estudios de Clima, encuentran su propia limitación en el hecho de que aportan a la empresa los temas que son percibidos por el personal cómo obstáculos en el desarrollo de sus carreras laborales, pero no nos dicen nada sobre los sentimientos y actitudes que éstos temas despiertan en los distintos grupos de colaboradores.

Sabemos, gracias a los aportes de las ciencias de la conducta, las ciencias sociales y las neurociencias, que los individuos no nos conectamos directamente con los datos de la realidad, sino que hacemos una lectura individual de los mismos¹. Esa lectura está sesgada por nuestra historia, nuestras experiencias personales, nuestros intereses, el sistema de valores adquiridos y el tipo de relación que hemos construido con nuestro entorno. De manera que, lo que a mí me puede gustar de un jefe, de la comunicación corporativa, del trabajo que realizamos en equipo, o de cualquier otra variable que se pretenda medir; a mi compañero lo puede afectar de manera negativa, generando sentimientos adversos que comprometen su labor.

Estamos hablando de la misma realidad, pero de lecturas personales de la misma y, por ende, de diferentes posicionamientos actitudinales en función del resultado de esas lecturas, y de los estados de ánimo que despiertan en cada persona. Hoy reconocemos que en la toma de decisiones se juegan fundamentalmente factores emocionales. Ellos están presentes cuando elegimos qué comprar, a quien votamos, qué rumbo tomamos al ir de vacaciones o resolver un problema. De modo tal, que nuestras emociones están siempre presentes en el quehacer cotidiano y cobran un lugar preeminente en ámbitos laborales.

De tal modo que el clima organizacional de cualquier institución es muy propio de dicha organización no solo por las características de la misma, sino por las percepciones que cada individuo tiene del medio ambiente de trabajo en el cual se desempeña, percepciones que están influidas a su vez por los aspectos culturales propios de cada persona. Bajo esta premisa es dable afirmar que no es posible encontrar dos instituciones que tengan el mismo clima organizacional, y que dicho clima refleja la interacción entre las características personales de cada individuo y las propias de su organización. Esta interacción crea en cada persona una valoración o construcción de rechazo, de aceptación o de tolerancia que influye necesariamente en sus actitudes y comportamientos, y que con el tiempo puede traducirse en frustraciones o en logros tanto en el ámbito personal, como social, económico y laboral.²

Nuestra propuesta se basa en la identificación de las diferentes formas de sentir, de pensar y de actuar en relación al trabajo, que nos permita realizar un análisis factorial aportando valor estratégico por encima de los estudios de clima convencionales. Queremos construir un mapa con los posicionamientos actitudinales y emocionales que determinan el comportamiento de todos los actores en grandes organizaciones. A través de él entenderemos por qué algunas personas, ante los mismos desafíos, asumen compromisos totales, otras lo asumen de manera crítica o parcial, otras con un alto grado de disconformidad o insatisfacción y otras muestran francas conductas refractarias o negativas.

El mapa que contenga los distintos posicionamientos tanto emocionales como actitudinales estará discriminado por Áreas, Niveles Jerárquicos, Antigüedad u otras segmentaciones relevantes para cada Organismo. Ello nos permitirá identificar el grado de satisfacción, vinculación, motivación, compromiso y confianza que tienen los diferentes grupos de colaboradores para generar un ranking de prioridades, sobre las que surgirán las políticas y los sistemas de gestión que implementará el área de Recursos Humanos. O sea, las políticas de selección, de comunicación, las políticas retributivas, las políticas de desarrollo, etc.

Esta visión implica un cambio radical en el enfoque de los Estudios de Clima, dado que no nos estamos focalizando en los temas (salario, liderazgo, valores...) sino en las "personas". Pasaremos de la mera tabulación de preguntas, cuyas respuestas nos indican los temas que la Organización requiere abordar, a la construcción de mapas de posicionamientos actitudinales y emocionales respecto de los temas mencionados. Los resultados de esta investigación permitirán a la alta dirección de las organizaciones conocer las verdaderas palancas que deberán activar para promover el auténtico compromiso de su gente.

1.2 Marco teórico

¹ "Las trampas del deseo" Dan Ariely, 2008.

² "Clima Organizacional. Hacia un nuevo modelo". Guillermo Ernesto García Villamizar. Universidad Pontificia Bucaramanga, Colombia 2007.

De lo expuesto, queda claro que nuestra materia prima de trabajo es el conocimiento de la voluntad de las personas que trabajan en grandes organizaciones. Es decir, pretendemos saber con la mayor exactitud posible y mediante los procesos tecnológicos más avanzados, lo que la gente piensa, siente y decide en grandes ámbitos laborales donde el conocimiento personal por parte de las autoridades es escaso o nulo.

La gestión de la voluntad de las personas en el trabajo constituye un tema de preocupación central tanto en organizaciones públicas como privadas. Si hacemos un repaso de la forma en cómo ha sido abordada esta cuestión y comenzamos por el ámbito académico, el enfoque predominante ha tenido como eje central la motivación. Innumerables teorías han tratado de arrojar luz sobre los factores que impactan en la motivación y, aunque con diferentes grados de acierto o fundamentación, en conjunto nos han aportado avances de gran valor para la gestión.

Podemos citar, a modo de ejemplo la Dirección por Objetivos, que sigue siendo desde los años sesenta la técnica de gestión más difundida en el mundo empresarial y que se fundamenta en la “Teoría de la Fijación de Metas”, de Locke³. Más recientemente han aparecido enfoques integrados, entre los que mencionaré de manera especial el ASH, desarrollada por el Dr. Santiago Díaz de Quijano, rector de la Universidad de Barcelona y colaboradores⁴, en la que plantea una formulación amplia y comprensiva de la mayor parte de los fenómenos que afectan a las personas en el trabajo y su relación con los resultados organizativos.

Por otra parte, desde el punto de vista del management empresarial, se continúan publicando aportaciones al tema, haciendo foco en el compromiso y la Identificación con la empresa (“ponerse la camiseta”), donde lo que se plantea es la mejora en el rendimiento y productividad del personal.⁵

Un enfoque más reciente ha tenido en cuenta la satisfacción y, más recientemente aún, la calidad de vida profesional. Desde la aparición de los modelos de gestión de calidad como la Normas ISO o modelos los europeos como el EFQM, o TQM, se ha puesto énfasis en la gestión de la satisfacción tanto de clientes como de empleados.

Por último, la Responsabilidad Social Corporativa nos dice que una Empresa o Institución, no solo debe procurar la rentabilidad para sus accionistas o la excelencia en el servicio al público, sino ofrecer una respuesta adecuada a las expectativas de todos sus “grupos de interés”, siendo los empleados uno de los más importantes⁶. Aquí aparece la noción de balance entre vida personal y profesional⁷ y todos los indicadores que nos permiten medir tanto estrés como burn-out.

Las contribuciones que nos ofrece la literatura ligada al management empresarial suele situarse en el polo opuesto a las hechas en los claustros universitarios, por carecer muchas veces de rigor metodológico o científico. Pero debe reconocerse que en ocasiones muestran un impacto más que significativo en la práctica de la gestión de empresas. Basta citar el concepto de inteligencia emocional⁸ fuertemente criticado en ámbitos académicos por su falta de rigor científico, pero de muchísimo mayor impacto en las prácticas empresariales que muchos aportes ligados a la Universidad.

El truco será entonces tender un puente entre la academia y la gestión. Intentaremos buscar un espacio de entendimiento que integre tales aportaciones y genere propuestas de valor aceptables, con criterios sólidos de validación que complazcan ambos paradigmas. Desde la gestión el requisito es que las propuestas sean útiles; desde la academia que sean rigurosas metodológicamente. Merece la pena el intento.

1.2.1 Aclaración Conceptual

³ “Teoría de la Fijación de Metas”. Edwin Locke, 1968.

⁴ “Auditoría del Sistema Humano”. S. Quijano, J. Navarro, M. Yepes, M Romeo. Universidad de Barcelona, 2001

⁵ “La importancia de ponerse la camiseta en la Empresa”. Agustina Gómez Rodríguez, 2013.

⁶ “La gestión con los Stakeholders”. Ana Gessa Perera, M^a del Amor Jiménez Jiménez. Universidad de Huelva, 2011.

⁷ “La importancia de un balance entre el trabajo y la vida personal”. Adriana González, CEO de Mercer. 2017

⁸ “Inteligencia Emocional”. Daniel Goleman, 1995.

Bajo la idea general de Compromiso, subyacen diversos conceptos que frecuentemente se confunden o solapan. Se trata de motivación, satisfacción, vinculación, compromiso y confianza. Haremos una aclaración conceptual de los mismos presentando una visión integrada de los factores internos y externos de la organización que pueden influir en ellos.

- **Motivación:** (Del latín *movere* = mover). La definiremos como el motivo que impulsa a la acción. En lo referente a lo laboral, se trata de la cantidad de energía que una persona está dispuesta a volcar en su trabajo. Por lo tanto la idea expresa cantidad (volumen de energía y esfuerzo que se invierte); foco (lo que se espera que una persona haga en su trabajo); y duración (por cuánto tiempo se está dispuesto a mantener el mismo nivel de energía y esfuerzo).
- **Satisfacción:** (Del latín *satis facere* = hacer bastante). La definiremos como la sensación de bienestar que proporciona el cumplimiento de expectativas o necesidades. Es importante señalar la diferencia entre este concepto y el anterior. Mientras que la motivación implica energía o esfuerzo, y por tanto, es un elemento movilizador con fuerte contenido actitudinal, la satisfacción es una sensación cuyo componente esencial es de tipo emocional derivado de las percepciones. La sensación de bienestar, a diferencia de la motivación, no tiene por qué ser movilizador. Una sobredosis de bienestar puede representar un elemento desmovilizador con efectos adversos al rendimiento.
- **Vinculación:** (del latín *vincere* = atar). Es la fuerza que une a una persona con su organización y provoca su permanencia en ella. La podemos considerar equivalente al concepto de fidelidad como se usa en el ámbito comercial o matrimonial. Cuando alguien no se siente unido a su organización busca de alguna manera la ruptura del "vínculo". Las consecuencias suelen ser la rotación, pero también el ausentismo, el quite de colaboración o toda la gama de protestas.
- **Compromiso:** (Del latín *cum promittere* = prometer con) Representa el vínculo moral resultante del cumplimiento de una promesa, sea esta de índole laboral, personal, de pareja, etc. Es en este sentido cuando hablamos de compromiso profesional, personal, cívico, moral. Aunque con algunos matices diferenciales, en el ámbito del trabajo el compromiso se traduce en actitudes y conductas próximas a las derivadas de la motivación y, de hecho, ambos términos suelen ser usados para referirse al mismo fenómeno.
- **Confianza:** (Del latín *cum fidere* = tener fe). Es una hipótesis sobre la conducta futura del otro. Constituye una actitud que concierne al futuro, en la medida en que este futuro depende de la acción de un otro. Es una especie de apuesta que consiste en no inquietarse del no-control del otro y del tiempo. En el ámbito laboral la confianza se apoya en lo que llamamos "contrato psicológico", es decir todo aquello que, sin estar escrito, la empresa espera de mí y yo de ella. Sin la confianza en la organización, los jefes, los equipos de trabajo o las personas, la labor se resiente dado que las relaciones interpersonales comienzan a deteriorarse por sospechas, rumores o intrigas.

1.2.2 Perspectivas diferentes

La perspectiva sobre estos conceptos cambia, si se lo mira desde el punto de vista de la Organización o de las Personas.

Para la Organización:

- La motivación de sus empleados es una necesidad y su compromiso un derecho exigible, fruto de su vínculo laboral. Sin la energía de las personas puesta al servicio del trabajo, ninguna organización podría alcanzar sus objetivos.
- La satisfacción de sus empleados, en cambio, es una opción y, si se quiere, un deber moral. En qué medida una organización quiere velar por el bienestar de sus empleados dependerá de muchos factores. Pero sin duda el más importante lo configura su escala de valores. Se trata de cuánto pondera una organización en su cultura el estado de bienestar de sus miembros. No obstante, en algunos casos depende de una necesidad derivada de la dificultad para atraer o retener talento.
- La vinculación, por este mismo motivo, es una necesidad para muchas organizaciones, pero también una carga para otras. Las organizaciones jóvenes que trabajan en entornos competitivos necesitan vincular a sus empleados debido a la escasez de talento. En cambio, las organizaciones más maduras suelen contar con un importante número de colaboradores veteranos con altos niveles de sindicalización, obsoletos profesionalmente y con escaso grado de empleabilidad. Este colectivo suele experimentar la vinculación como una carga más que un valor. Es frecuente escuchar a directivos decir: "Se van los que quiero que se queden y se quedan los que quiero que se vayan".

- La confianza siempre es un camino de doble vía. Para los directivos es necesario confiar en sus equipos, dado que en ellos se vuelcan las expectativas de resultados. La ausencia de confianza genera modelos de gestión basados en la presión y la imposición, en la ausencia de delegación y en el permanente castigo. Representa un modelo poco sustentable en el tiempo.

Para las Personas:

- Su motivación o compromiso constituye una opción y, si se quiere, un deber moral fruto de su relación contractual (lo que llamamos contrato psicológico).
- Que la empresa vele por la satisfacción, puede ser considerado como un derecho exigible.
- En cambio la vinculación es una opción enteramente personal. Dependerá de la situación económica que atraviese la persona y especialmente de su ciclo vital. No siempre se podrá retener el talento. (pero se puede retener el conocimiento tácito a través de diferentes sistemas).
- La confianza permite a las personas experimentar un clima amable y estimulante que propicie la instalación del resto de las variables mencionadas. Se dice habitualmente que “uno no cambia de empresa, sino de jefe”.

1.3 Objetivos

Identificar los distintos posicionamientos actitudinales respecto a las variables que pretendamos medir, para realizar un análisis factorial que aporte verdadero valor estratégico, por encima de los estudios de clima convencionales.

Construir un mapa con los posicionamientos actitudinales y emocionales que determinan el comportamiento de todos los actores en grandes organizaciones.

1.4 Alcance

En el congreso se presentará el marco conceptual en el que se elabora el trabajo, los ejes y aspectos que determinan los aspectos emocionales y las actitudes de los empleados que trabajan dentro de grandes organizaciones, la metodología, la estructura y la lógica con la que se diseñará el software para realizar el mapeo correspondiente.

1.5 Desarrollo

El tema central que nos ocupa es el conocimiento detallado de lo que las personas sienten, piensan y hacen, con el fin de lograr que vuelquen su mejor voluntad en las tareas que configuran su trabajo. Pero antes de avanzar y, desde el punto de vista ético y práctico, corresponde que nos preguntemos: ¿Puede gestionarse la voluntad de las personas en el trabajo? ¿Es legítimo que las autoridades lo hagan? ¿No pertenece a la esfera de lo personal, de lo íntimo? ¿Hasta qué punto las características personales, los valores, las expectativas, las experiencias y circunstancias individuales determinan dicha voluntad?

Estas preguntas invitan a un debate tan interesante como complejo. Una primera aproximación nos coloca ante la idea que tal gestión no es del todo posible. La voluntad de la gente es de índole personal. Se configura en los primeros años de vida⁹ lo que significa que cada quien ingresa al mundo del trabajo con lo puesto. Esto hace a las diferencias individuales de carácter, temperamento y personalidad.

Todas las teorías acerca de la Motivación son parciales. No existe ningún modelo teórico que explique, en su totalidad, la naturaleza de la misma, y no existe ningún método que permita motivar a todos de la misma forma, en diferentes organizaciones o momentos. Es decir, que a pesar de existir una abundancia de claves o tips para motivar al personal, y una extensa bibliografía da cuenta de ello, no hay una receta única que sea verdaderamente eficaz.

Sin embargo, aunque parciales, las diferentes teorías sobre la motivación nos ayudan a comprender una parte significativa de la conducta humana en el trabajo y, si bien, no existen fórmulas mágicas, sí disponemos de evidencia teórica y empírica para conocer y gestionar con cierto criterio la voluntad de las personas.

⁹ “La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central del desarrollo”. Jean Piaget, 1978

Por ello, en el gráfico 1 se muestra un esquema conceptual que permite clarificar los elementos que impactan en la motivación, la satisfacción, la vinculación, la confianza y el compromiso, para determinar cuáles de ellos tienen lugar fuera de la organización y, por tanto, no son modificables; y cuáles sí pueden ser gestionables dentro de la organización.

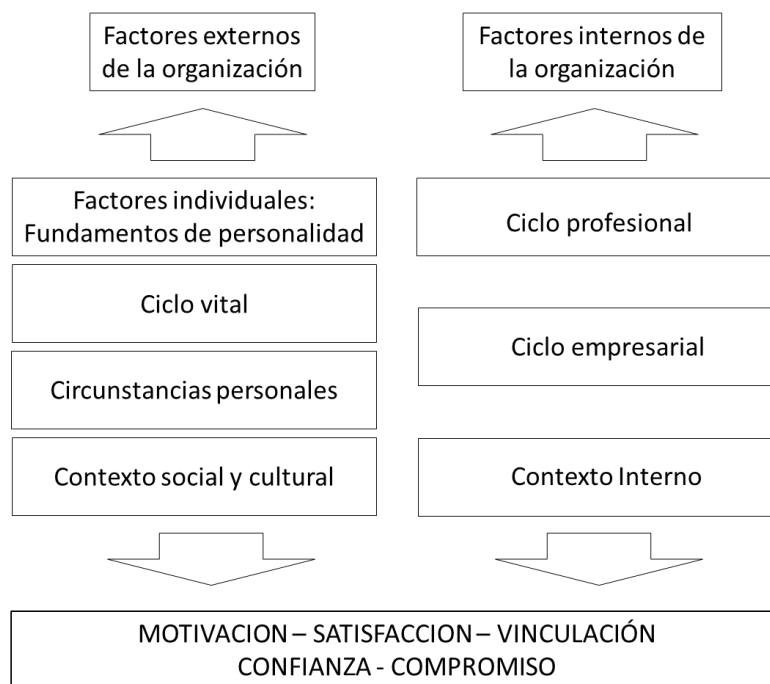


Gráfico 1: Elementos que impactan en la motivación

Este esquema deja en claro cuáles son los aspectos sobre los cuales la organización no podrá intervenir respecto de las personas, y cuáles aspectos le corresponderá gestionar. Es importante destacar que en el ámbito organizacional es improcedente exigir cambios comportamentales. No es el fin de una organización realizar psicoterapia a su gente. Puede sí crear un ambiente estimulante para que las personas pongan lo mejor de sí mismas. Pero esto último será el resultado de una condición y no de una exigencia. Existen demasiadas evidencias, tanto de orden empírico como teórico, que así lo aprueban.

1.5.1 Factores Gestionables por la Organización

De lo expuesto podemos concluir que la organización no puede cambiar o modificar aspectos profundos que hacen a la identidad de las personas. Por ello cobra dimensión la selección de personal. Es en ella donde buscamos las competencias requeridas para el puesto de trabajo. Si la persona elegida no reúne tales competencias, en su concepto más amplio de aptitudes y actitudes, más temprano que tarde ocasionará un desajuste personal respecto de su puesto de trabajo y un problema para la organización. Como dirá Susana Richino¹⁰, seleccionar personal consiste en conjugar el delicado equilibrio de un encuentro apropiado caracterizado por la convergencia de dos búsquedas y dos proyectos, el del candidato que busca desarrollo y el de la empresa que busca talento.

En el contexto interno, los factores gestionables son aquellos sobre los cuales la empresa actúa a través de sus políticas y sistemas de gestión implementados tanto por Recursos Humanos, como por las prácticas y los estilos de sus directivos. Algunos modelos de Calidad como los EFQM¹¹, mencionan a estos factores como **“resultados en las personas”**. Sin embargo tal denominación, en mi criterio, no es del todo exacta, pues nos llevaría a pensar en un modelo lineal de causa-efecto. Es decir que si actuamos sobre un *factor X* obtenemos un *resultado Y*, como por ejemplo que las personas se motiven.

¹⁰ “Selección de Personal”. Susana V. Richino. 1996

¹¹ El modelo **EFQM** se divide en siete criterios de los cuales, el séptimo, del que estamos hablando, aborda el tema de los **“resultados en las personas”**. En este sentido, toma a las personas como uno de los puntos clave para el desarrollo de la organización hacia la excelencia empresarial y por ello este apartado gira en torno a los *resultados o logros obtenidos por la organización en lo que respecta a las personas que la integran*.

Sabemos que la motivación, la satisfacción, la vinculación, la confianza o el compromiso, dependen no solo de lo que ocurre en la organización, sino de las diferencias individuales ya comentadas, a las que se suman la influencia de variables externas. Una persona que se incorpora a la organización altamente motivada, va a poner en marcha procesos emocionales y cognitivos que van a favorecer una percepción positiva de los factores del contexto interno; mientras que los mismos serán percibidos de manera totalmente distinta por alguien que lleva veinte años en la organización y se encuentra con un alto nivel de disconformidad. Supongamos que una organización pone en marcha una mejora sustantiva en sus políticas de comunicación interna con la intención de mejorar la motivación. Esas mismas políticas van a ser leídas y valoradas de forma muy diferente en ambos casos. La persona que se encuentra en una situación de alta satisfacción y motivación, reforzará sus percepciones positivas previas, en tanto que la persona que se encuentra insatisfecha y con desconfianza posiblemente lo interprete en términos de manipulación.

Una política que potencie el empowerment, la participación o la autonomía en la propia tarea, por poner otro ejemplo, va a ser interpretada como una excelente oportunidad en un caso, y como un intento de la empresa por aprovecharse de la gente para su propio beneficio, en el otro. De modo que las metodologías correlacionales basadas en la observación, no permiten extraer conclusiones del tipo causa-efecto, salvo que dichas relaciones estén sustentadas en un modelo teórico que haya sido validado por métodos experimentales, lo que no siempre es posible en los entornos reales de trabajo.

No obstante y a pesar de estas limitaciones, la varianza explicada de los **resultados en las personas** (satisfacción, motivación, vinculación, confianza y compromiso) por parte de los factores gestionables, es suficientemente elevada para invitar a la profundización de su conocimiento y análisis. Por ello debemos presentar un modelo de factores gestionables que nos permitan cuantificar el impacto que los mismos tienen en todos los miembros de cada Organización.

1.6 Metodología de relevamiento

Teniendo en cuenta estas premisas orientaremos nuestro proyecto al diseño de una metodología mediante la cual logremos que la totalidad de los individuos de grandes organizaciones identifiquen:

- Qué factores de su organización contribuyen a potenciar la motivación, la satisfacción, la vinculación, la confianza y el compromiso.
- Qué factores inciden negativamente en los mismos aspectos.

Esta abundante información debidamente clasificada, procesada y analizada, nos posibilitará realizar un análisis factorial de cada uno de los ítems y determinar patrones relativos a los posicionamientos actitudinales del personal. A continuación presentamos un esquema de los factores gestionables que van a incidir sobre los aspectos mencionados:

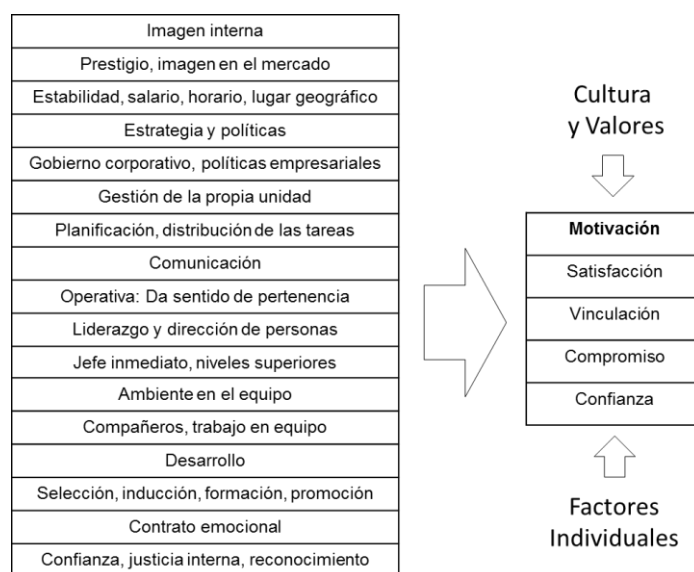


Gráfico 2: Esquema de factores gestionables

Los factores gestionables que se presentan en este modelo tienen un impacto significativo sobre la motivación, satisfacción, vinculación, confianza y compromiso de las personas. Sin embargo, los factores individuales vinculados generalmente al ciclo vital y por su puesto a las diferencias personales en términos de valores y temperamentos, también influyen en ellos.

Por otra parte, la cultura y los valores corporativos ejercen una influencia significativa, pero no representan conceptos aislados o independientes de los factores gestionables. Las políticas y los sistemas de gestión están o deberían estar alineadas con la cultura organizativa, y a su vez se nutren de la misma.

Detallaremos a continuación los factores gestionables.

1. Imagen Interna: buena imagen en el mercado o ante la sociedad, liderazgo en el sector, solidez y solvencia, responsabilidad con el medio ambiente, etc.
2. Condiciones laborales básicas: Son todas aquellas condiciones que constituyen el contrato formal. Se buscará la satisfacción por la estabilidad, salario, horarios, ubicación, balance entre vida personal y profesional y los beneficios que brinda cada organización sean tanto sociales como de otra índole.
3. Estrategia y Políticas: Hace a lo que llamamos Gobierno Corporativo. Este factor se relaciona a la confianza por parte del personal de que la organización está en buenas manos, tiene un rumbo claro y, globalmente, está bien gestionada, ("la alta dirección realiza una buena gestión", "los procesos de trabajo están bien definidos, organizados y planificados", la coordinación entre las diferentes áreas es buena", etc.)
4. Gestión de la propia Unidad: Se trata de la valoración de la gestión en el ámbito organizativo más próximo (Oficina, departamento, área...). Este ámbito es el condicionante más inmediato previo a la tarea en si misma (¿en la propia unidad las cargas laborales están bien planificadas y distribuidas?)
5. Comunicación: Debemos diferenciar lo que denominaremos "comunicación para la pertenencia" de la "comunicación operativa". Esta última se refiere a la recepción de la información necesaria para realizar la labor con eficacia. Mientras que la primera se refiere a aquellas informaciones que a una persona le permiten sentir que pertenece al grupo, que se cuenta con ella y que está relacionada con aspectos no operativos ("¿me siento bien informado de los planes, estrategia y resultados de la empresa u organización? ¿Me siento bien informado de lo mismo respecto de mi área?").
6. Liderazgo y Dirección de Personas: En este factor cuenta la valoración de la dirección del jefe inmediato, aunque en algunas organizaciones puede ser pertinente la acción directiva de la autoridad inmediatamente superior (el jefe de tu jefe). "¿Me siento bien dirigido por mi jefe?" "¿Es accesible y receptivo a mis opiniones o críticas?", "¿Me apoya y orienta cuando tengo dificultades?", etc.).
7. Ambiente de Equipo: Se refiere a la valoración de la relación personal con los compañeros de trabajo.
8. Desarrollo Profesional: Incluye dos factores diferenciados en el análisis factorial:
 - Formación: Valoración de la formación recibida.
 - Carreara: Posibilidad en la Organización de desarrollar la carrera profesional deseada.
9. Contrato Emocional: Se trata de todo aquello que no aparece en el contrato formal pero tanto colaboradores como Organización esperan mutuamente. Incluye aspectos como:
 - Reconocimiento: Si el personal se siente reconocido por la Organización.
 - Tarea en sí misma: Este factor recoge los elementos que en la literatura empresarial se han denominado "factores de motivación intrínseca". ("¿El trabajo que realizo se adecúa a mis capacidades y preferencias?", "¿Cuento con la autonomía adecuada para realizar mi trabajo?", "¿Puedo participar de las decisiones que afectan a mi trabajo?", "¿Dispongo de indicadores objetivos sobre los resultados de mi trabajo?", etc.).
 - Ausencia de Presión: "¿Se dispone del tiempo suficiente para la realización de la tarea? ¿La dotación del personal que conforma mi área es la correcta?".

1.7 Estructura del software

1.7.1 Entradas

Con esta estructura se está desarrollando un software que permita el relevamiento de manera sistemática de los diferentes factores internos de la organización que contribuyen a potenciar la motivación, la satisfacción, la vinculación, la confianza y el compromiso del personal. Los mismos estarán estructurados dentro de un formulario con consultas directas al personal asociada a cada temática referida al contexto interno, según la estructura vista en el punto anterior. El mismo

incluye un grado de valoración que permitirá obtener el estado de cada aspecto, expresado directamente por los integrantes de la organización.

1.7.2 A modo de ejemplo

Imagen interna	Muy negativa					Muy positiva				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.- Califique en orden de importancia la imagen que usted tiene de su Organización.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
2.- Qué calificación supone usted que tiene su organización frente a su propio público.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
3.- Qué calificación supone usted que tiene su organización ante la sociedad en general.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Grafico 3: Herramienta de valoración los factores gestionables de la organización.

1.7.3 Filtros

Para completar la encuesta será necesario que el personal ingrese algunos datos que deberán ser utilizados como filtro para realizar el mapeo final, como por ejemplo: área, jefe inmediato, edad, años de permanencia en la empresa, estado civil, nivel de estudio, etc. Cuando se realice el análisis final, se organizará el informe correspondiente de acuerdo a estos campos, según sea la necesidad.

1.7.4 Salidas

La información obtenida se presentará aplicando un filtro determinado y el programa emitirá un informe que ordenará el resultado en referencia al contexto interno, de acuerdo a la población elegida. Se permitirá filtrar también los factores gestionables para estos grupos si la información que se requiere es parcial.

A modo de ejemplo, se pueden ver:

- Todos los factores gestionables para: un área determinada, para personas con menos de 5 años de antigüedad en la empresa, para las personas que están a dos años de jubilarse, para personas que son profesionales, etc., para las personas que dependen de determinada persona, etc.
- Algunos factores gestionables para: un área determinada, para personas con menos de 5 años de antigüedad en la empresa, para las personas que están a dos años de jubilarse, para personas que son profesionales, etc., para las personas que dependen de determinada persona, etc.

1.8 Estado actual

En la actualidad se está terminando de compilar la base de datos y se están haciendo las pruebas correspondientes al software.

Para lograr que el personal de la empresa a la que se le realizará el mapeo responda con total sinceridad se requerirá un proceso de comunicación integral, llevado a cabo por los investigadores que permita vencer las resistencias o preconceitos que emerjan respecto del cuestionario administrado.

El cuestionario deberá ofrecer tanto **anonimato como confidencialidad**. El anonimato estará garantizado por una administración en la que nadie conozca al autor de la encuesta. La confidencialidad se operará en los casos en los que el área donde se administre el cuestionario sea muy reducida y alguien pueda deducir o inferir, por el tipo de respuestas, a su autor. En ese caso los investigadores se reservarán los resultados y no los entregarán a la empresa, ofreciendo confidencialidad absoluta sobre los mismos.

Los mecanismos de relevamiento son los siguientes:

- Encuesta a través de la intranet de la organización.
- Encuesta en un puesto fijo realizado por un externo.
- Encuesta en el área de trabajo realizada puesto por puesto con dispositivos móviles (Tablet o notebook)
- Encuesta a través de formularios colgados en internet realizado en dispositivos móviles propios.

1.9 Próximos pasos

- Terminar el software que se utilizará para hacer el relevamiento, cargar los datos y generar los informes correspondientes (tiempo estimado: diciembre de 2017).
- Prueba del software en un área reducida de la Municipalidad de Puerto Madryn (tiempo estimado: Marzo de 2018)
- Ajuste del software y de los elementos de relevamientos (tiempo estimado: Junio de 2018)
- Prueba en otras organizaciones (tiempo estimado: Agosto de 2018)
- Conclusiones finales (tiempo estimado: Noviembre – diciembre de 2018)

2. CONCLUSIONES

Los estudios de Clima Organizacional representan una valiosa herramienta empleada por los profesionales de Recursos Humanos para conocer de un modo efectivo las expectativas, experiencias de trabajo y opiniones que conforman la imagen que todos tienen acerca de su propia Organización. Sin embargo, encuentran su propia limitación en el hecho de que aportan a la empresa los temas que son percibidos por el personal como obstáculos en el desarrollo de sus carreras laborales, pero no nos dicen nada sobre los sentimientos y actitudes que estos temas despiertan en los distintos grupos de colaboradores.

Por ello proponemos construir un mapa con los posicionamientos actitudinales y emocionales que determinan el comportamiento de todos los actores en grandes organizaciones. A través de él entenderemos por qué algunas personas, ante los mismos desafíos, asumen compromisos totales, otras lo asumen de manera crítica o parcial, otras con un alto grado de disconformidad o insatisfacción y otras muestran francas conductas refractarias o negativas.

El mapa que contenga los distintos posicionamientos tanto emocionales como actitudinales estará discriminado por Áreas, Niveles Jerárquicos, Antigüedad u otras segmentaciones relevantes para cada Organismo. Ello nos permitirá identificar el grado de satisfacción, vinculación, motivación y compromiso que tienen los diferentes grupos de colaboradores para generar un ranking de prioridades, sobre las que surgirán las políticas y los sistemas de gestión que implementará el área de Recursos Humanos. O sea, las políticas de selección, de comunicación, las políticas retributivas, las políticas de desarrollo, etc.

Pondremos a disposición de las grandes organizaciones una tecnología de análisis novedosa que implique un salto cualitativo a los estudios de clima y una metodología para identificar los diferentes posicionamientos tanto actitudinales como emocionales que experimentan las personas en relación a los factores que son gestionables por el nivel directivo o las áreas de Recursos Humanos de Organizaciones con mucho personal. Esta información, debidamente analizada y procesada, conducirá al diseño de planes de acción, que ordenados por prioridades, propicien una auténtica gestión de voluntades y del compromiso dentro del ámbito laboral.

3. REFERENCIAS

- ¹“Las trampas del deseo” Dan Ariely, 2008.
- “Clima Organizacional. Hacia un nuevo modelo”. Guillermo Ernesto García Villamizar. 2007
- “Teoría de la Fijación de Metas”. Edwin Locke, 1968.
- “Auditoría del Sistema Humano”. S. Quijano, J. Navarro, M. Yepes, M. Romeo. Universidad de Barcelona, 2001
- “La importancia de ponerse la camiseta en la Empresa”. Agustina Gómez Rodríguez, 2013.
- “La gestión con los Stakeholders”. Ana Gessa Perera, M^a del Amor Jiménez Jiménez. Universidad de Huelva, 2011.

- “La importancia de un balance entre el trabajo y la vida personal”. Adriana González, CEO de Mercer. 2017
- “La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central del desarrollo”. Jean Piaget, 1978
- “Inteligencia Emocional”. Daniel Goleman, 1995.
- “Selección de Personal”. Susana V. Richino. 1996

Procesos Proactivos y Resiliencia Organizacional en el Desempeño de Resultados Eficientes

Tolon Estarelles, Pedro.

- *Universidad de Buenos Aires-Integrante del equipo de investigadores del proyecto código 20620130100024BA "Aplicación de Nuevas Metodologías para la ayuda en la toma de Decisiones en la producción agropecuaria, (, SIGEVA, CYT.)* Director : Ing. Horacio Rojo

•
pedrotolon@yahoo.com.ar

RESUMEN

El proceso de toma de decisiones eficaces en organizaciones que interactúan en sistemas complejos, generalmente en situaciones de incertidumbre, está condicionado entre otros factores por la capacidad de desarrollar una cultura de pensamiento proactivo capaz de modificar la natural *resiliencia organizacional*, negativa al cambio.

Este trabajo plantea la hipótesis de que la adquisición,, de capacidades de pensamiento proactivo estratégico a largo plazo permite a una organización asegurar trayectorias de evolución temporal de menor riesgo en contextos de incertidumbre.

Se planteará el trabajo sobre el contexto de las organizaciones empresariales cuyos proyectos de negocios están sometidos a la medición de riesgo directa o indirecta a través de cotizaciones bursátiles.

Se desarrollará el trabajo, haciendo uso de los modelos de lógica posibilística de Kripke [9,] aplicados a los modelos de optimización de inversiones CAPM desarrollados por Tobin [,28]]Markowitz) [15] y Sharpe.[23]

Palabras clave

Toma de decisiones en contextos de incertidumbre. Pensamiento Proactivo. Resiliencia organizacional.. Lógica modal. Riesgo.

ABSTRACT

The effective decision-making process in organizations that interact in complex systems, usually in situations of uncertainty, is conditioned among other factors by the capacity to develop a culture of proactive thinking capable of modifying the natural organizational resilience, negative to change. This paper raises the hypothesis that the acquisition of long-term strategic proactive thinking capabilities allows an organization to assure trajectories of temporary evolution of lower risk in contexts of uncertainty. Work will be undertaken on the context of business organizations whose business projects are subject to the measurement of direct or indirect risk through stock quotes. The work will be developed, using Kripke's) models of applied logic to the CAPM investment optimization models developed by Tobin,, Markowitz (and Sharpe)

Key words

Decision making in contexts of uncertainty. Proactive thinking. Organizational resilience. Modal logic. Risk.

1.1 INTRODUCCIÓN

1.2 Objetivo:

Probar que los resultados más eficientes de una compañía son mas alcanzables conforme se incrementa el grado de Desarrollo Organizacional, verificando su posible pertenencia a zonas de menor riesgo sistemático en el modelo de Valoración del Precio de los Activos Financieros (modelo CAPM)

Alcances del trabajo. El alcance de este estudio es el microeconómico, en el contexto de compañías cuyo valor está generalmente medido por indicadores clave fundamentales, tales como el precio de los activos financieros en el mercado y el nivel de riesgo. Se quiere indagar y verificar el supuesto de que a mayor grado de acervo de conocimiento y capacidades de gerenciamiento, mayor será la posibilidad de que esta compañía logre mejores resultados.

1. DESARROLLO

2.1 Estado del Arte y Modelos:

En el contexto microeconómico se plantea el problema de optimizar las inversiones diversificadas de una cartera. Tobin [27], Markowitz [15] y Sharpe [23] dieron lugar al modelo de optimización de cartera CAPM para dar respuesta al problema.

El modelo explica un riesgo sistemático, determinable estadísticamente por los valores de mercado, que permite determinar parámetros α y β para distintos conjuntos de sectores industriales de inversiones agresivas o de mayor riesgo y defensivas, de menor riesgo. Sin embargo, dentro de la frontera de posibilidades de inversión (ver Figura 1) hay un conjunto de posibles inversiones (valores, títulos) que reflejan, de acuerdo a la varianza del valor esperado del valor actual neto de su flujo de fondos en un período dado, el mayor o bien, el menor riesgo específico de ese título correspondiente a dicha compañía.

En 1970, Fischer Black, Myron Scholes y Robert Merton [17] desarrollaron un modelo que influyó enormemente en la manera que los negociantes valúan y cubren las opciones y su modelo fue la base para el crecimiento de la ingeniería financiera hasta el presente. En 1977, luego de estudiar el desempeño de más de 2000 acciones desde 1941 hasta 1990, se concluyó que el coeficiente Beta *no era capaz de explicar bien el desempeño de las acciones, llegando a la conclusión de que los mejores indicadores de futuros rendimientos eran la capitalización bursátil y el ratio de valor de libros /valor de mercado*. Esta conclusión implica relacionar el rendimiento futuro al grado de desarrollo actual y potencial que puede presentar una firma en el tiempo.

“Hoy día, donde la gran crisis iniciada en 2008 aún no ha concluido con la liquidación sobreabundante de activos derivados, se ha llegado a volatilidades ingobernables, conduciendo a la parálisis de inversores y gestores a nivel global. Los precios están rotos, nadie sabe el valor de los activos” (J.L.Martinez Campuzano, CEO CITIBANK España, 14 de febrero de 2016”.

Es en este Estado del Arte en el contexto del cual se propone verificar que cuanto mayor es el grado de Desarrollo Organizacional Sustentable de una compañía (capacidad de revisar continuamente la estrategia y operación de su gestión de conocimiento), mayor será la posibilidad de supervivencia a largo plazo.

El nivel del espacio de representación que se utiliza en este artículo no es estadístico ni probabilístico, a los fines de dar respuestas a la relación entre los niveles de volatilidad y riesgo de una cartera asociada a una firma y su nivel endógeno de desarrollo de negocios. , proponemos un modelo basado en lógica posibilística, a los fines de asegurar la consistencia de la función de captura, empleando al efecto la Lógica Modal de Kripke [9], sobre un análisis de escenarios conjeturales, con el propósito de

probar que los estados deseados de resultados (inversiones) son alcanzables con mayor posibilidad cuanto mayor es el grado de Desarrollo Organizacional alcanzable.

2.2 Breve introducción al Modelo CAPM

El modelo CAPM separa la tasa de rentabilidad obtenida de un valor en componentes macro (sistémico) y micro (específico de cada compañía) y se expresa:

$$r_i = \alpha + \beta_i r_M + \varepsilon_i \quad (1)$$

tal que: r_i , α , β_i , r_M , ε_i son, respectivamente, la rentabilidad superior de un valor, el factor α , que mide el valor esperado de la rentabilidad si el factor β_i de mercado es neutral (si β_i es igual a 0). Este último factor mide la sensibilidad del valor al factor macroeconómico (capacidad de respuesta del mercado), r_M cuantifica las variaciones sorpresivas de la macroeconomía y finalmente ε_i mide el impacto de las fluctuaciones debidas a las situaciones específicas de la compañía, imprevisibles (ver Figura 1)

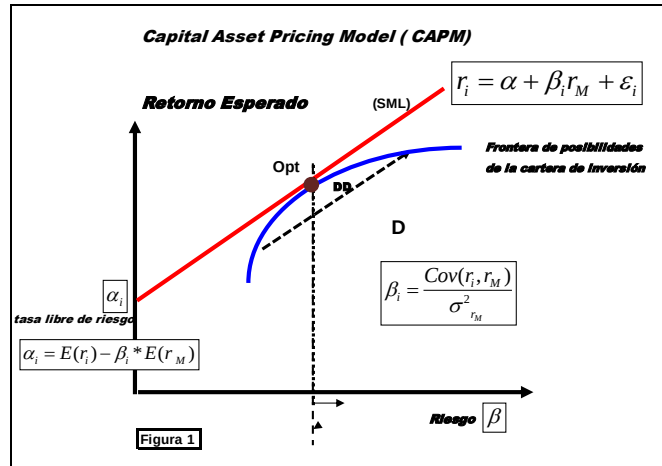


Figura 1 Modelo CAPM

Teniendo en cuenta la propiedad de separación de la elección de una cartera Tobin [28], a través de dos procesos, tal que el primero consiste en determinar la cartera de riesgo óptima, proceso puramente técnico independiente de la aversión al riesgo del inversor; en tanto que el segundo proceso considera las preferencias personales, tal que el inversor toma la decisión final. Si la cartera óptima es la misma para todos los clientes, la gestión profesional es más eficiente y menos costosa.

William Sharpe, [24], desarrolló un modelo factorial, en el cual la elección de un factor común β es responsable de la covarianza de la rentabilidad de todos los valores. Este modelo estadístico valora los dos componentes de riesgo de una cartera de valores específicos: el riesgo sistemático (macroeconómico) y el riesgo específico de cada compañía.

2.2.1 Frontera Eficiente de posibilidades de cartera:

El modelo factorial permite definir una frontera eficiente de posibilidades de la cartera, que define en el plano (Retorno Esperado vs. Riesgo), un conjunto D de estados que, en este artículo, denominaremos "deseables" (para el inversor) (Figura 1)

El modelo define una recta de regresión, LÍNEA CARACTERÍSTICA DEL MERCADO DE CAPITALES (SML, *Security Market Line*), que responde a la función (1) y se puede interpretar como la regresión de variable única de r_i en la rentabilidad anormal del mercado r_M . Ecuación (1). β Se puede obtener a partir de la covarianza entre el rendimiento del título y el rendimiento del mercado, dividiéndola por la varianza del rendimiento del mercado; por tanto, expresa la volatilidad del mercado mediante ecuación (2)., α Es el rendimiento esperado del título cuando el rendimiento esperado del mercado es nulo (el mercado no se mueve a la alza y tampoco a la baja). Ecuación (3).

$$\beta_i = \frac{Cov(r_i, r_M)}{\sigma^2_{r_M}}, \quad (2)$$

$$\alpha_i = E(r_i) - \beta_i * E(r_M) \quad (3)$$

En consecuencia, el riesgo que lleva implícito el rendimiento esperado será:

$$\begin{aligned} \sigma^2(r_i) &= \sigma^2(\alpha + \beta_i r_M + \varepsilon_i) = \sigma^2(\beta_i r_M) + \sigma^2(\varepsilon_i) = \\ &= \beta_i^2 \sigma^2(r_M) + \sigma^2(\varepsilon_i) \end{aligned} \quad (4)$$

El primer término es el riesgo sistemático, que depende exclusivamente del mercado (macroeconomía), en tanto que el segundo es el riesgo propio del título, dependiente de la compañía y no del mercado. Ecuación (4)

2.2.2: Coeficiente de Correlación entre el Riesgo Sistemático (o explicado) y el Riesgo Total

La dispersión de las rentabilidades atribuibles a cada compañía específica (títulos) en forma periódica respecto de la línea de regresión (SML) está expresada en la ecuación (5)

$$\sigma^2(\varepsilon_i) \quad (5)$$

En las decisiones de inversión es relevante saber la importancia relativa del riesgo (varianza) sistemático sobre el total (coeficiente de correlación). Ecuación (6):

$$\rho^2 = \frac{\beta_i^2 \sigma^2(r_M)}{\beta_i^2 \sigma^2(r_M) + \sigma^2(\varepsilon_i)} \quad (6)$$

2.3: Riesgo propio de la compañía y nivel de Desarrollo Organizacional Sustentable (DOS)

El valor actual neto del flujo de fondos de un negocio, correspondiente a una compañía, en un horizonte dado de planificación, se determina por la suma del flujo de fondos aleatorios, descontados a la tasa de rendimiento que corresponde al rendimiento esperado de r_i en el Modelo CAPM. La medida del riesgo propio de un negocio, correspondiente a una compañía, estará dada por la varianza del VAN. El riesgo ante distintos escenarios será menor, cuanto menor sea la varianza del VAN, que puede asociarse a la varianza específica de esa compañía, es decir: $\sigma^2(\varepsilon_i)$. Denominamos **Desarrollo Organizacional Sustentable (DOS)** de una compañía, a la capacidad de gestión de conocimiento incorporada por la misma en términos de asegurar estrategias y tácticas de planeamiento

que minimicen: $\sigma^2(\varepsilon_i)$ a lo largo de sucesivas etapas de tiempo de planificación, Donde $\sigma^2(\varepsilon_i)$ es la varianza específica del negocio. El valor neto del flujo de fondos asociado al negocio en el horizonte de planeamiento: Ecuación (7)

$$VAN[X_i]_{\mu} = \sum_{i=1}^n f_i X_i \quad (7)$$

Donde X_i , es el valor aleatorio del flujo neto de fondos en el tiempo i .

$$f_i = (1 + \mu)^{-i} \quad (8)$$

Es el factor de descuento para cada i , a una tasa equivalente al rendimiento esperado de fondos en el Modelo CAPM. Ecuación (8)

$$VAN[X_i]_{\mu} = 0 \rightarrow \mu = Tir \quad (9)$$

Es la tasa interna de retorno. Ecuación (9)

$$E(VAN[X_i]_{\mu}) = E\left(\sum_{i=1}^n f_i X_i\right) = \sum_{i=1}^n f_i E_i(X_i) \quad (10)$$

El valor esperado del VAN. Esta dado en el Ecuación (10)

$$\sigma^2[VAN[X_i]_{\mu}] = \sigma^2\left[\sum_{i=1}^n f_i X_i\right] = \sum_{i=1}^n (f_i)^2 \sigma^2(X_i) \quad (11)$$

Es la varianza del VAN., y la varianza específica del negocio $\sigma^2(\varepsilon_i)$ Ecuación (11)

2.4 Escenarios posibles

Distintos conjuntos posibles de valores de α y β y el coeficiente de correlación, definen escenarios posibles para un inversor. Además, existe un subconjunto **D** dentro de la frontera de posibilidades de la cartera, que son las factibles bajo la condición de asegurar eficiencia mediante adecuada diversificación. Dado que α indica el rendimiento esperado del título cuando el rendimiento esperado del mercado es nulo (no se mueve a la alza y tampoco a la baja), se asume $\alpha > 0$ y fijo (ordenada de la recta de regresión al origen). Definimos un subconjunto. Ecuación (12)

$$DD \subset D, \quad (12)$$

De inversiones en títulos correspondientes a compañías para las cuales el coeficiente de interrelación, tiende a 1 (en el entorno de la recta SML). Figura 1

Definimos un subconjunto. Ecuación (13) de inversiones en títulos correspondientes a negocios y/o compañías para las cuales el riesgo específico, medido por la Varianza del Valor Actual Neto del flujo de fondos es mínimo.

$$DOS \subset D, \quad (13)$$

2.4.1 Zonas definidas para valores posibles de β : Ecuaciones (14, 15, 16)

$$\forall \beta_i = 1 \Rightarrow \text{Zona de inversiones } \textit{neutrales} \text{ (sobre la recta SML)} \in Z_1 \quad (14)$$

$$\forall [1 \leq \beta < +\infty) \Rightarrow \text{Zona de inversiones "agresivas"} \in Z_2 \dots \dots \dots (15)$$

$$\forall [0 \leq \beta < 1) \Rightarrow \text{Zona de inversiones "defensivas"} \in Z_3 \quad (16)$$

Definimos una zona Z_4 , con el propósito de relacionar a los subconjuntos **D**, **DD**, **DOS** Ecuación (17)::

$$\forall [DOS \subset DD \subset D] \in Z_4 \quad (17)$$

Las zonas de posibilidad de inversión definidas previamente, permiten clasificar estos escenarios: Ecuaciones (18,19,20 .)

$$\textit{EscenarioA} \rightarrow Z_1 \cap Z_4 \rightarrow AD(AAA) \Rightarrow \text{ESTADO D1} \quad (18)$$

Donde **A** es un escenario en el cual las inversiones están en el entorno de la solución óptima de diversificación de la cartera, en el punto tangente de la frontera de posibilidades de inversión con la recta de regresión SML.

$$\textit{EscenarioB} \rightarrow Z_2 \cap Z_4 \rightarrow R(ABB) \Rightarrow \text{ESTADO D2} \dots \dots \dots (19)$$

En el escenario **B**, las inversiones posibles están en el entorno de la solución óptima, pero con valores de $\beta > 1$ (inversiones agresivas), que a corto plazo, pueden estar generando una "burbuja" en riesgo de implosión. Esto corresponde a sectores industriales de tipo "cíclico" que copian la onda de los ciclos económicos de negocios de 4 años (bienes industriales de consumo final, tipo automotriz, electrodoméstico, etc.).

$$\textit{EscenarioC} \rightarrow Z_3 \cap Z_4 \rightarrow D(Aaa) \Rightarrow \text{ESTADO D3} \dots \dots \dots \dots (20)$$

El escenario **C** corresponde a inversiones en el entorno de la solución óptima, con valores de $\beta < 1$ (inversiones conservadoras o defensivas). Corresponden a sectores industriales o de servicios que amortiguan la onda de los ciclos económicos de negocios (alimentación, industria farmacéutica, entre otros).

2.5 Introducción a la Lógica Modal de Kripke aplicable a este contexto

En forma introductoria, se planteará una aproximación, aplicable a este campo específico de una lógica modal, ensayando modelos de Kripke [1] como posibles escenarios (o "Mundos de Kripke"). S

Formalmente, se define el modelo: . Ecuación (21)

$$M = (X, a, R, V) \quad (21)$$

cuyos componentes son: el conjunto de índices **X** (*escenarios*), un índice cualquiera $a \in A$, una relación binaria **R** de índices y una función **V** que asigna una valuación **V(x)** a cada índice **x**, y con eso una función de valuación **V(x) (A)** a cada índice **x** y conjunto **A**. El índice (escenario) **a** se puede pensar como una representación de una realidad dada. La relación R se puede pensar en términos de una representación de una posibilidad relativa. Entonces, será **x** tal que **aRx** representa el conjunto de posibles escenarios. De la misma forma, **y** para cualquier **x** cumple **aRx** y **xRy**, representando el conjunto de escenarios posiblemente posible, y así siguiendo, **z** tal que para cada **x**

y cumple aRx , xRy y yRz , representando el conjunto de escenarios posibles posiblemente posibles. Así, los índices en el conjunto X representan escenarios posibles.

2.5.1 Formalización de la definición de la función de valuación en un índice (Escenario) del modelo

- (0) $\forall$ proposición A , A es Verdadera en x en M sii $V(x)(A) = V$ (verdadera)
- (1) $\bar{A}$ es V en x en M sii A no es V en x en M
- (2) $A \cap B$ es V en x en M sii A es V en x en M y B es V en x en M
- (3) $A \cup B$ es V en x en M sii A es V en x en M ó B es V en x en M
- (4) $A \rightarrow B$ es V en x en M sii A es V en x en M , entonces B es V en x en M
- (5) ΩA es V en x en M sii $\forall y$ con xRy , A es V en y en M
- (6) ΨA es V en x en M sii para algún y con xRy , A es V en y en M
- (7) Donde ΩA y ΨA significan, respectivamente que
- (8) ΩA es V en M sii *necesariamente* A es V en M
- (9) ΨA es V en M sii *posiblemente* A es V en M

2.6 Aplicación al campo específico de análisis

Denominaremos “Escenario” X a toda posible combinación de estados del contexto macro y específico de una compañía, definidos por los parámetros α , β y ε del Modelo CAPM [8], [9] y la pertenencia a los subconjuntos D , DD , DOS . (17). Aplicando el Modelo, se postula:

- (0) Existe para un escenario X en M un conjunto de estados deseables “ D para un inversor” y esta proposición es V (verdadera) en todo escenario X .
- (1) No es verdadera la no existencia de un estado deseable “ D ” del sistema para un inversor.
- (2) Sea B el conjunto de Estados no pertenecientes a D , que son indeseables para el inversor.
- (3) Se cumple.
- (4) Se cumple.
- (5) *Necesariamente* existirán estados deseables $D1$ y $D3$ pertenecientes a D para cualquier escenario posible.
- (6) *Posiblemente* existirán estados deseables $D1$ y $D3$, pertenecientes a D que *serán alcanzables* si las compañías relacionadas con las inversiones posibles en esos estados aseguran niveles de *Desarrollo Organizacional Sustentable (DOS)* tal que aseguran sucesivos valores de ε en el tiempo convergentes a su valor esperado con probabilidad tendiente a uno (Chebishev, [28]).

2.6 Diseño de la investigación aplicado a organizaciones microeconómicas

El diseño de la investigación se basa. en el caso de organizaciones microeconómicas, en encuestas, entrevistas, cuestionarios especiales aplicados a casos concretos de empresas y observación de resultados e indicadores previamente definidos. En este tipo de contexto, se definió a .Una escala, como conjunto de ítems o frases cuidadosamente seleccionados, que constituyan un criterio válido para medir un fenómeno social vinculado a la actitud proactiva o reactiva a procesos de cambio. b- Ítems y frases de indagación y adquisición de conocimiento (explícito o “encapsulado” en la cultura de la organización) .

2.6.1 Indicadores de nivel de Desarrollo Organizacional

- Inadecuada estructura organizacional
- Espacio / Localización insuficiente
- Insuficiente tecnología de soporte
- Enfoque Estratégico claro

- Competencias de Gestión adecuadas en el RRHH
- Indefinición del Plan de Operaciones
- Fuerza Financiera adecuada
- Buena operación y Falta de Estrategia
- Buen Plan Estratégico, Pobre Operación
- Falta de interés del Capital
- Poca experiencia de management (supervisión)
- Determinantes históricos que bloquean el desarrollo

Se usó un puntuación de 1 a 5, en escala tipo Likert, utilizada especialmente para contextos no dicotómicos de apreciación (conjuntos difusos) en la valoración de la intensidad de pertenencia del factor. En la Tabla 1, se pide a cada participante que complete con un aspa (X) una de las columnas por fila, asignando prioridad Alta, Media o Baja. Cada valoración tiene asignado un valor (Alta: 5, Media: 3, Baja: 1) en la escala Likert.

Tabla 1 Indicadores de Nivel de Desarrollo Organizacional (DO)

Enc. AS-2		OPINION SOBRE IMPEDIMENTOS PRINCIPALES PARA ALCANZAR LOS RESULTADOS QUE SE PROPONE LA ORGANIZACIÓN O SU UNIDAD POR LA QUE ES RESPONSABLE		
tamaño de muestra		10		
Señale en el listado aquellos puntos que considera IMPEDIMENTOS críticos. Hágalo en relación a la prioridad e importancia que tiene para Usted.		Prioridad		
		ALTA	MEDIA	BAJA
1	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL INADECUADA	☐	☐	☐
2	ESPACIO / LOCALIZACIÓN	☐	☐	☐
3	TECNOLOGÍA DE SOPORTE	☐	☐	☐
4	ENFOQUE ESTRATÉGICO CLARO	☐	☐	☐
5	COMPETENCIAS DE GESTIÓN DEL RRHH	☐	☐	☐
6	INDEFINICIÓN DE PLAN DE OPERACIONES	☐	☐	☐
7	FUERZA FINANCIERA	☐	☐	☐
8	BUENA OPERACIÓN Y FALTA DE ESTRATEGIA	☐	☐	☐
9	BUEN PLAN ESTRATÉGICO, POBRE OPERACIÓN	☐	☐	☐
10	FALTA DE APORTES DE CAPITAL	☐	☐	☐
11	POCA EXPERIENCIA DE MANAGEMENT (SUPERVISIÓN)	☐	☐	☐
12	DETERMINANTES HISTÓRICOS QUE BLOQUEAN	☐	☐	☐

2.6.2 Indicadores de nivel de Valor de una compañía: Se han adoptado 10 indicadores clave para determinar el valor de una compañía:

1. Estabilidad de reglas de juego del contexto microeconómico
2. Rendimientos Marginales del ciclo de vida del negocio
3. Fluctuaciones de los Beneficios en el horizonte del Negocio
4. Nivel de Beneficios Esperados
5. Valor de Marca
6. Nivel de Investigación, Innovación y Desarrollo
7. Capacidad de capitalización por parte de los accionistas
8. Estado de Activos de Conocimiento en Management
9. Estado de Activos de Conocimiento Técnicos
10. Estado de Gobernanza Proactiva Estratégica

Donde el indicador 1, es de naturaleza exógena, los (2,3,4, 5) son variables híbridas (interacción exógena y endógena) y los indicadores (6,7,8,9,10) son de naturaleza endógena a la compañía.

También en este caso, se utilizó un escala Likert, de 1 a 5, donde 1 es la peor valoración y 5 la mejor, con respecto a la valuación de cada indicador.

2.6.3 Evaluación relativa del Riesgo del negocio, de la Valuación de la compañía y del nivel de Desarrollo Organizacional existente (Diagnóstico)

De acuerdo a la expresado en 2.4 (Escenarios Posibles) , se agrupan los tipos de negocios en :

R1. Riesgo bajo: Negocios vinculados con energías alternativas, aplicaciones médicas y fármacos, bioingeniería, abastecimiento integral de alimentos, cuidado personal. Construcción. Forestación y Celulosa.

R2. Riesgo medio: Desarrollos tecnológicos “High Tech” , de bajo ciclo de vida. Conglomerados de redes de “Start up’s” en informática e Inteligencia Artificial.

R3. Alto riesgo: Industria automotriz, productos de consumo masivo industrial. Producción de commodities con bajo valor agregado y muy dependiente de los ciclos económicos cortos.

No todas las compañías estudiadas cotizan en bolsa, por lo tanto, se ha propuesto en este trabajo una representación del nivel de riesgo, a través de una correspondencia con el tipo de negocio y el nivel de desarrollo organizacional existente en la compañía.

La **Tabla 2** expresa una correspondencia consistente entre el nivel de riesgo del negocio, según 7.2.4 y el Desarrollo Organizacional. Siempre usando la escala Likert de 1 a 5, donde 1 indica, por ejemplo, para el caso de “Estabilidad de Reglas de Juego del contexto” la situación más inestable y 5 la más estable.

Los casos DO ALTOS no tienen valores menores a 3 en ningún indicador, para cualquier tipo de riesgo de negocio, mientras los DO BAJOS, tienen la mayoría de los valores de sus indicadores debajo de 3 , salvo para los indicadores 7 y 9 de la **Tabla 3** *Tabla 2 Correspondencia entre nivel de*

Tabla 2: Riesgo y Desarrollo Organizacional (DO)

CUADROS DE CORRESPONDENCIA ENTRE NIVEL DE RIESGO Y DESARROLLO ORGANIZACIONAL									
		Riesgo							
		ALTO	MEDIO	BAJO					
1	EX	ESTABILIDAD DE REGLAS DE JUEGO DEL CONTEXTO	1	3	5				
2	HIB	RENDIMIENTOS MARGINALES DEL CICLO DE VIDA DEL NEGOCIO	4	3	2				
3	HIB	FLUCTUACIÓN DE LOS BENEFICIOS EN EL HORIZONTE DEL NEGOCIO	1	3	5				
4	HIB	NIVEL DE BENEFICIOS ESPERADOS	3	3	5				
5	HIB	VALOR DE MARCA	4	4	3				
6	E	NIVEL DE I + i + D	5	4	3	DO ALTO			
7	E	CAPACIDAD DE CAPITALIZACIÓN POR ACCIONISTAS	3	4	5	DO ALTO			
8	E	ESTADO DE ACTIVOS DE CONOCIMIENTO EN MANAGEMENT	5	5	5	DO ALTO			
9	E	ESTADO DE ACTIVOS DE CONOCIMIENTO TECNICOS	5	4	3	DO ALTO			
10	E	ESTADO DE GOBERNANZA PROACTIVA ESTRATÉGICA	5	5	5	DO ALTO			

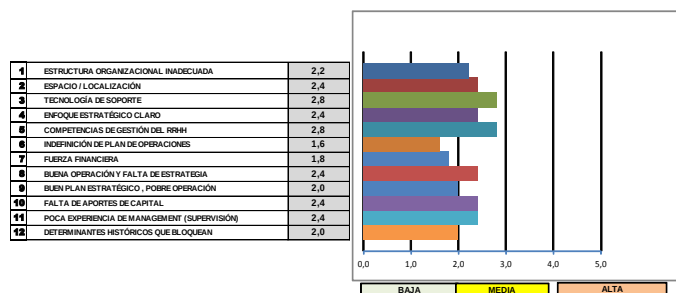
		Riesgo							
		ALTO	MEDIO	BAJO					
1	EX	ESTABILIDAD DE REGLAS DE JUEGO DEL CONTEXTO	1	3	5				
2	HIB	RENDIMIENTOS MARGINALES DEL CICLO DE VIDA DEL NEGOCIO	4	3	2				
3	HIB	FLUCTUACIÓN DE LOS BENEFICIOS EN EL HORIZONTE DEL NEGOCIO	1	3	5				
4	HIB	NIVEL DE BENEFICIOS ESPERADOS	3	3	5				
5	HIB	VALOR DE MARCA	4	4	3				
6	E	NIVEL DE I + i + D	2	2	1	DO BAJO			
7	E	CAPACIDAD DE CAPITALIZACIÓN POR ACCIONISTAS	1	3	4	DO BAJO			
8	E	ESTADO DE ACTIVOS DE CONOCIMIENTO EN MANAGEMENT	1	1	1	DO BAJO			
9	E	ESTADO DE ACTIVOS DE CONOCIMIENTO TECNICOS	3	3	3	DO BAJO			
10	E	ESTADO DE GOBERNANZA PROACTIVA ESTRATÉGICA	1	1	1	DO BAJO			

EX: Indicador afectado por variable exógena
E : Indicador afectado por variables endógenas (Desarrollo Organizacional)
HIB: Indicador afectado por variables híbridas (exógenas y endógenas)

2.6.4 Ponderación y Evaluación relativa de la brecha a la frontera de mejor desempeño de una compañía, con máximo valor posible de Desarrollo Organizacional: Se consideran dos casos típicos de extremos de Desarrollo Organizacional:

2.6.4.1. DO ALTO: Nivel de alto DO, con valores de todos los impedimentos inferiores a 3,5 en la escala Likert.
Tabla 3 Caso con alto grado de Desarrollo Organizacional

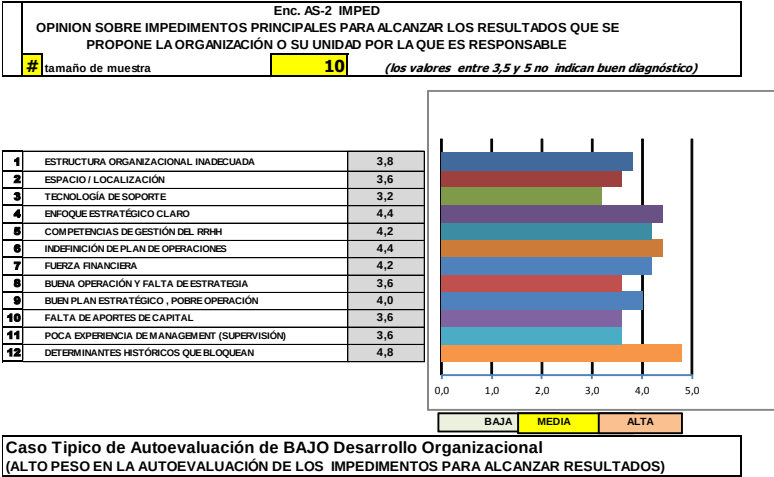
Enc. AS-2 IMPED	
OPINION SOBRE IMPEDIMENTOS PRINCIPALES PARA ALCANZAR LOS RESULTADOS QUE SE PROPONE LA ORGANIZACIÓN O SU UNIDAD POR LA QUE ES RESPONSABLE	
# (tamaño de muestra)	10 (los valores entre 3,5 y 5 no indican buen diagnóstico)



Caso Típico de Autoevaluación de Alto Desarrollo Organizacional

2.6.4.2. DO BAJO: Nivel de bajo DO, con valores de todos los IMPEDIMENTOS superiores a 3,5 en la escala de Likert (Ejemplos 4, 5, 6),

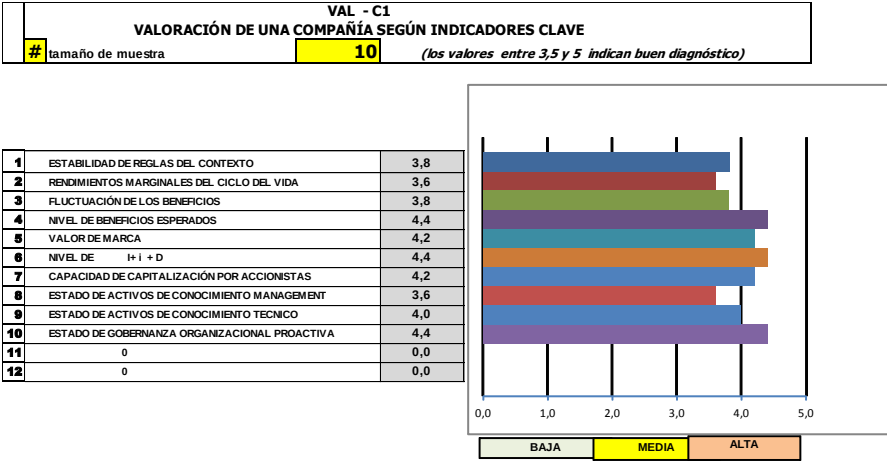
Tabla 4 Caso con bajo grado de Desarrollo Organizacional



2.6.4 Evaluación relativa de valor de cada compañía

Se evaluó el VALOR de cada compañía respecto de los 10 indicadores clave definidos en e., teniendo en cuenta el contexto micro, las variables híbridas y las endógenas consistentes con el tipo de negocio y el de desarrollo Organizacional (columna (I)). En el caso de la Tabla 5, se expone una compañía con alta ponderación en sus indicadores claves (valores superiores a 3,5 en escala tipo Likert)

Tabla 5 Compañía con alta ponderación



Se propuso un ponderación relativa del riesgo, en la columna (III), ponderando (I) y (II)

Se comparó, para cada caso típico, el valor de la Frontera de Mejor Desempeño posible (FMDP) con el máximo valor de DO posible, valor 5 en escala Likert

Se determinó para cada caso típico, la brecha a la FMD, tomando esa medida como una medida relativa del Riesgo que tendría esa compañía cotizando en Bolsa. Este proceso se expresa en el ejemplo 1- Tabla 6

Tabla 6: Compañía con riesgo bajo y buen DO

Ejemplo 1: [R BAJO, DO Alto]					
Compañía en negocio de Riesgo Bajo, con buen DO					
INDICADORES CLAVE DE VALORACIÓN		I	II	III	IV
(escala Likert 1 a 5)					5
1	EX ESTABILIDAD DE REGLAS DE JUEGO DEL CONTEXTO MICROECONÓMICO	5	3,8	19	19
2	Hib RENDIMIENTOS MARGINALES DEL CICLO DE VIDA DEL NEGOCIO	2	3,6	7,2	18
3	Hib FLUCTUACIÓN DE LOS BENEFICIOS EN EL HORIZONTE DEL NEGOCIO	5	3,8	19	19
4	Hib NIVEL DE BENEFICIOS ESPERADOS	5	4,4	22	22
5	Hib VALOR DE MARCA	3	4,2	12,6	21
6	E NIVEL DE I+D	5	4,4	22	22
7	E CAPACIDAD DE CAPITALIZACIÓN POR ACCIONISTAS	5	4,2	21	21
8	E ESTADO DE ACTIVOS DE CONOCIMIENTO EN MANAGEMENT	5	3,6	18	18
9	E ESTADO DE ACTIVOS DE CONOCIMIENTO TÉCNICOS	3	4	12	20
10	E ESTADO DE GOBERNANZA PROACTIVA ESTRATÉGICA	5	4,4	22	22
I: Peso Relativo del Indicador Clave				175	202
II: Evaluación de Nivel de Valor Compañía					
III: Ponderación Relativa del Riesgo					
IV: Frontera de mejor desempeño con máximo valor de DO					Brecha a IV 13,5%

2.6 Síntesis de los casos tratados:

Tabla 7: Brecha a la Frontera de Mejor Desempeño Posible (FMDP) para 6 compañías estudiadas

Brecha a la FMDP (Frontera de mejor desempeño posible)				
Riesgo				
DO \ Riesgo	ALTO	MEDIO	BAJO	
ALTO	24,90%	23,80%	13,50%	
BAJO	60,40%	47,40%	35,40%	

Riesgo				
DO \ Riesgo	ALTO	MEDIO	BAJO	
ALTO	Tecla SA	Sefpul SA	Dolmen SA	
BAJO	Electron SA	Megatix SA	Argitech srl	

Tabla 8: Síntesis de Casos Estudiados (Nombres ficticios)

Síntesis de Casos Tratados					
Compañía estudiada	Ámbito de negocios	Tamaño de Empresa	Nivel de DO alcanzado	Riesgo del tipo de Negocio	Estado hoy
Dolmen SA	Construcción	Grande	Alto	Medio	En crecimiento
Sefpul SA	Construcción	Pyme	Alto	Medio	En crecimiento
Tecla SA	Electronica	Pyme	Alto	Alto	Estable
Argitech srl	Salud	Pyme	Bajo/medio	Bajo	Estable
Megatix SA	Construcción	Grande	Bajo	Medio	En potencial Convocatoria
Electron SA	Electronica	Pyme	Bajo	Alto	En posible venta

3 .CONCLUSIONES

3.1 FMDP y Riesgo: Surge de este estudio que los resultados más eficientes (Menor brecha a la Frontera de Mejor Desempeño Posible (FMDP), para distintos niveles de riesgo), son determinados muy posiblemente, (en términos de la lógica de Kripke) por la naturaleza de las variables de tipo endógeno e híbrido que garantizar la vigencia de las organizaciones en trayectorias de menor riesgo y de mayor supervivencia a largo plazo.

3.2 Proacción y Resiliencia: Las variables endógenas son determinadas por la capacidad de Proacción y la naturaleza Resiliente *positiva* que tengan las organizaciones para evolucionar autopieticamente con acervos de conocimiento en permanente desarrollo.

Finalmente, proponemos una simple frase como resumen de lo que ha intentado probar este trabajo:

"No hay nunca buenos vientos para el que no sabe hacia dónde y para qué quiere ir y no tiene capacidad de navegación ante cualquier adversidad...."

4 REFERENCIAS

- [1] Arrow (1999) . *Opciones sociales y toma de decisiones mediante criterios múltiples*. Alianza Editorial. .
- [2] Becker, (1993) G. *Human capital*. University of Chicago Press.. ISBN 9780226041209
- [3] Campitelli, R., (2008) *De Babel a la Asamblea*, ezqueta.com.ar/desarrollo/campitelli/prologo.htm
- [4] Cobb, C.W. (1928) "A Theory of Production", American Economic Review 18 (suppl.): 139-165.
- [7] Keynes, J. M. (2001): *Teoría General de la Ocupación, el Interés y el Dinero*. FCE.
- [8] Klir, G. y Bo Yuan;(1995) *Fuzzy Sets and Fuzzy Theory*; Pp. 1 – 97, Prentice Hall,
- [9] Kripke, S.,(1959) "A completeness theorem in Modal Logic, Journal of Symbolic Logic, 24: 1-14
- (1932) *Symbolic Logic*, New York: Century Company.
- [13] Lindström, S.; (1998) *Kanger's Early Semantics for Modal Logic*; P.W. Humphreys and J.H. Fetzer, eds. The New Theory of Reference:, Pp. 203-233
- [14] Mankiw. G.y Romer, D. (1992), *A Contribution to the Empirics Economic Growth*, pp. 407 -438 .Quarterly Journal of Economics,
- [15] Markowitz, H., (1995) *Portfolio Selection* " The Journal of Finance " Prentice Hall
- [16] Meschino,G. ; Nabte,M. Gesualdo, S., Monjeau, J.; Passoni, I. (2013) "Fuzzy Tree Studio: a tool for de design of the Scorecard for the Management Protected Areas Soft Computing for Business Intelligence. Berlin, p.99-112
- [17] Merton, R. D. Crane, K. Froot, S. Mason, A. Perold, Z. Bodie, E. Sirri, P. Tufano (1995) "., *The Global Financial System: A Functional Perspective*, Harvard Business School Press, Boston
- [18] Morgenstern O. (1956) "Generalization of the von Neumann Model of an Expanding Economy" con J.G. Kemeny and G.L. Thompson, *Econometrica*
- [19] Nash J., (1996) *Essays on Game Theory*, Edward Elgar Publishing, 1996, 91 pp. 98
- [20] NIESTZSCHE, F. (2009) (*Volumen II: Así habló Zaratustra. Más allá del bien y del mal.*, Madrid: Editorial Gredos
- [23] Ross, S., (1976) "The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing". Journal of Economic Theory nro 13, Diciembre .Pags 341 a 360
- [24] Sharpe, W., Gordon, Bayle, J. (1999): *Investments*. Prentice Hall. Englewood Clifts (NJ) (6ta ed)
- [25] Schultz., T. *Investment in Human Capital: The Role of Education and of Research*, New York: Free Press.
- [26] Solow, R.; (1957) *Technical Change and the Aggregate Production Function*, Pp. 312-320, Review of Economics and Statistics,
- [27] Summers: y Heston, A. (1988) *A New Set of Intenational Comparisons of Real Product and Price Levels : Estimates for 130 Countries* , The Review of Income and Wealth, March
- [28] Tobin, J. y Brainard, W. (1977). "Asset Markets and the Cost of Capital" , in Richard Nelson and Bela Balass, eds, *Economic Progress : Private Values and Public Policy* , Amsterdam: North-Holland
- [29] Tolón Estarellles, P; Sagula, J; (2007); *Modelo Decisional Proactivo en Sistemas Ecológicos* , Revista de Ingeniería Industrial, Año 6 Nº 1, Segundo Semestre 2007; Departamento de Ing. Industrial de Universidad del Biobío, Chile. ISSN 0717-9103.
- [30] Van Horne, J. (1992): *Financial Management and Policy*. Prentice Hall int. Englewood Clifts (NJ)
- [31] Villamar Fersen Harold León (2015); *La Resiliencia: su aplicación en el sector empresarial*;
- [33] Yogesh Malhotra (2001), *Knowledge Management and Business Model* , Idea Group Pub
- [34] Zadeh, L. (1965) *Fuzzy Set .Information and Control*; New York,

Agradecimientos: El autor de este trabajo desea agradecer, por haber contribuido con sus ideas, confianza y apoyo a

- **Ing. Horacio Rojo**, Director del proyecto código 20620130100024BA "Aplicación de Nuevas Metodologías para la ayuda en la toma de Decisiones en la producción agropecuaria, (, SIGEVA, CYT.) Facultad de Ingeniería, UBA
- **Dra. Ing. Isabel Passoni**. Directora del Grupo de Bioingeniería del Instituto de Investigación Científicas y Tecnológicas (ICyTE) . Facultad de Ingeniería. UNMDP
- **Ing. Fernando Horman**, Coordinador Académico de Escuela de Ingeniería de Dirección Empresarial, Facultad de Ingeniería, UBA

X Congreso de Ingeniería Industrial – COINI 2017

Estudio del Servicio de Atención Médica mediante Discrete Choice Modelling

Merello, Martin*
Picasso, Emilio*

*Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas e Ingeniería, Universidad Católica
Argentina*

*Av. Alicia Moreau de Justo 1500. Ciudad Autónoma de Buenos Aires
merellomartin@gmail.com
emiliopicasso@gmail.com*

RESUMEN

En el presente trabajo se estudian las preferencias de la población sobre distintos aspectos de la atención por parte de instituciones de salud, mediante un experimento de selección y modelos de selección discreta.

En primer lugar, se identificaron los aspectos más relevantes del servicio de salud mediante un estudio cualitativo, que consistió en la realización de entrevistas en profundidad con pacientes de FLENI, la institución médica que colaboró con el estudio. Se realizó entonces un experimento de selección con las variables identificadas, que se implementó mediante un instrumento online distribuido en una base de datos de pacientes de la institución de salud. El experimento consistió en la presentación de alternativas de instituciones de salud hipotéticas, con diferentes valores en las variables mencionadas y diferente costo, para que el individuo entrevistado seleccionara. Los resultados se representaron mediante modelos de selección discreta, que permitieron obtener la valoración de los aspectos del servicio en términos de utilidad y monetarios, así como los factores demográficos que influyen sobre los mismos.

Esta metodología permite medir las preferencias con precisión, y representa el state-of-the-art en materia de la economía de bienes que no participan en mercados. A su vez, el trabajo simboliza la primera aplicación de esta técnica en el área de la economía de la salud en Argentina, abordando un problema concreto planteado por sanatorios de la Ciudad de Buenos Aires y trabajando con el apoyo de la Universidad Católica Argentina. Los resultados de la investigación proveen información clave para la toma de decisiones estratégicas en sanatorios y hospitales.

Palabras Clave: Economía de la Salud, Servicio de atención médica, Modelos de selección discreta, Experimentos de selección, Desarrollo organizacional.

ABSTRACT

In the present paper we study the preferences of the population about different aspects of the service provided by health institutions, by means of a choice experiment and discrete choice modelling.

First, we identify the most relevant aspects of the health service by means of a qualitative study, consisting of a series of in-depth interviews with patients of FLENI, the health institution who collaborated with the study. A choice experiment was set up around the variables identified, and it was implemented via online instrument and distributed among a database of patients from the health institution. The experiment consisted in exposing the patients to a series of hypothetical health institutions, with varying characteristics and cost, for them to choose. The results were represented via discrete choice models, to measure the value of each characteristic to the patients, both in utility and monetary terms, as well as the influence of demographic factors.

The methodology employed represents the state-of-the-art to measure the preferences of the population for non-market goods and services, typically prevalent in Health Economics. This is the first application of this methodology in Health Economics in Argentina, addressing a concrete business problem posed by health institutions of the city of Buenos Aires, supported by the Universidad Católica Argentina. The results of this research provide key information for strategic decision making in health institutions.

Keywords: Health Economics, Discrete Choice Modeling, Choice experiment, Organizational development.

1. INTRODUCCIÓN

Hasta 1990, se suponía que lo único importante de la atención médica era la salud propiamente dicha. Sin embargo, poco tiempo después se descubrió que la exclusiva concentración en los aspectos centrales de la salud privaba a los individuos del beneficio relevante otorgado por otras fuentes, como ser el proceso de atención y el servicio [5]. El servicio se encuentra representado, entre otros, por asuntos como el rápido acceso a la información, la seguridad, la autonomía, la experiencia de los profesionales y la dignidad en el cuidado intensivo. El proceso de atención, por su parte, incluye aspectos como el tiempo de espera, el tiempo de la consulta, la ubicación y la actitud del staff. El debate en ir más lejos en los asuntos relacionados con la salud, develó un nuevo problema: como medir estas nuevas variables. Era muy claro que un enfoque puramente cualitativo no cumpliría las expectativas. Es aquí cuando se decide aplicar discrete choice experiments (DCE) para resolver el problema, que representa la mejor forma de hacerlo hasta el día de hoy. El siguiente trabajo buscó evaluar los resultados de estas variables aledañas a la salud particularmente en Argentina.

En los últimos años se ha discutido mucho acerca de la conveniencia que tiene para las instituciones de salud utilizar DCE para mejorar sus sistemas de atención al paciente. En este estudio usamos ésta metodología para estimar el valor monetario de ciertas variables que son consideradas de interés para los pacientes Argentinos [8].

Los DCE fueron introducidos al campo de la economía de la salud como una técnica alternativa al método QALY (Quality Adjusted Life Year), donde solamente se mide la calidad de la salud del paciente. En el 2004, el National Institute of Health and clinical Excellence (NICE) comenzó a enfocar su estudio de evaluación tecnológica asistencial mediante DCE. El abordaje de su estudio reveló las preferencias de los pacientes mediante una encuesta, y posteriormente se realizó un análisis estadístico a fin de identificar los aspectos prioritarios en el servicio. Estos métodos se utilizan en USA, UK, Australia, y otros países desarrollados para el estudio y mejora de los servicios de salud [2].

El presente trabajo sigue los lineamientos citados. Luego de una exploración cualitativa de los factores relevantes para el servicio de salud, se aplicó un experimento de selección a una muestra cuantitativa de pacientes de la institución colaboradora, y se analizaron los resultados mediante discrete choice models, para medir la importancia de cada factor del servicio y sus factores demográficos.

Los resultados del presente trabajo pueden ser considerados por las instituciones de salud de nuestro país a fin de resolver debilidades en áreas relevantes. Hoy en día, las clínicas de prestigio encuentran dificultad para redistribuir turnos entre médicos de trayectoria y médicos residentes. Es decir, suele pasar que todos los pacientes quieren pedir turno con los médicos jefes de cada sección. Esto genera una larga espera para atenderse con ellos, y una eventual falta de pacientes para atenderse con médicos más jóvenes. Éste estudio también sugiere formas de abordar esta problemática.

2. MARCO TEÓRICO

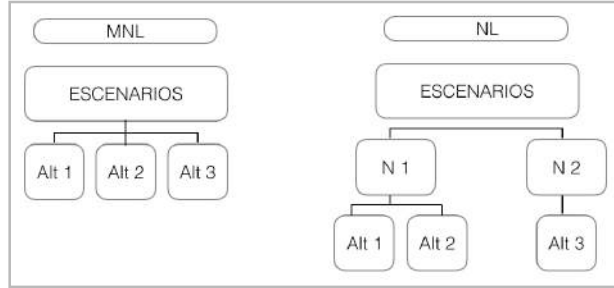
La teoría económica propone el concepto de utilidad, como guía en la toma de decisiones: ante un conjunto de alternativas disponibles, el individuo elige la que provee mayor utilidad. La utilidad es una variable numérica que no tiene un cero definido ni una escala. Los discrete choice models están basados en la teoría de la utilidad aleatoria [10], que asume que la utilidad de cada alternativa de decisión tiene una componente determinista que es función de las características de la misma y posiblemente del individuo que decide, y otra componente aleatoria que representa las variables omitidas y la posible irracionalidad del decisor.

Un discrete choice model (DCM) permite explicar las decisiones mediante una serie de variables, incluyendo características de las alternativas y descriptores demográficos. Cuando a la componente aleatoria se le asigna una ley de probabilidad Gumbel de Máximo se obtiene el DCM Multinomial Logit (MNL), modelo muy apreciado en las aplicaciones por su capacidad explicativa y su simplicidad. Tiene también varias limitaciones: asume que las preferencias son homogéneas en la población y está sujeto a la propiedad IIA (Independence of irrelevant alternatives) que supone una sustitución estrictamente proporcional a las probabilidades. El modelo falla cuando se introduce una alternativa de "Ningún escenario me gusta", porque esta alternativa remite al status quo cuyas características son bien conocidas, y se distancia de las alternativas hipotéticas, rompiendo así la equidistancia entre las alternativas.

En este estudio trabajamos con un modelo NL (Nested Logit) para resolver esa cuestión. El proceso de decisión en DCE requiere que el individuo compare utilidades entre alternativas, en donde ésta utilidad deriva de las combinaciones de los diferentes niveles de los atributos. Tal como se mencionó anteriormente, el MNL se basa en la suposición de independencia entre las alternativas (IIA). Por ende, todas las relaciones de probabilidades entre variables deben permanecer constantes.

En éste trabajo, los individuos debieron de elegir entre dos clínicas hipotéticas y una opción de Ninguna. Consideramos que ambas clínicas (A y B) tenían mayor correlación entre ellas que la opción de Ninguna, dado que esta última representa una situación conocida. Este patrón indicaba una clara violación a la suposición de IIA. Para abordar ésta problemática, se usó el modelo NL en donde anidamos nuestras alternativas similares juntas (Ryan y Skatun, et al 2004). El modelo anidado es una generalización del MNL, dónde se relaja la restricción de IIA entre ambos nidos. A continuación, se exponen dos diagramas de árbol con las diferencias entre ambos modelos. El de la izquierda (MNL), muestra tres opciones compitiendo al mismo tiempo. A la derecha (NL), observamos dos nidos con sus opciones particulares.

Figura 1 – Estructura de decisión en los modelos MNL y NL



Para un individuo n, la probabilidad de elegir una alternativa i, proveniente del nido g, se expresa de la siguiente forma:

$$P_i(g) = P(\text{nest } g) \cdot P(i, \text{ dado nest } g)$$

La especificación de la función de utilidad del modelo responde a la Ecuación (1) (2) y (3):

$$\text{ALT 1: } U_{1,i,t} = \beta_0 + \beta_{\text{afil}} \cdot X_{\text{afil},1,i,t} + \beta_{\text{amab}} \cdot X_{\text{amab},1,i,t} + \beta_{\text{t medio}} \cdot X_{\text{t medio},1,i,t} + \beta_{\text{t corto}} \cdot X_{\text{t corto},1,i,t} + \beta_{\text{exp alta}} \cdot X_{\text{exp alta},1,i,t} + \beta_{\text{exp media}} \cdot X_{\text{exp media},1,i,t} + \beta_{\text{costo}} \cdot X_{\text{costo},1,i,t} + \varepsilon_1 \quad (1)$$

$$\text{ALT 2: } U_{2,i,t} = \beta_0 + \beta_{\text{afil}} \cdot X_{\text{afil},2,i,t} + \beta_{\text{amab}} \cdot X_{\text{amab},2,i,t} + \beta_{\text{t medio}} \cdot X_{\text{t medio},2,i,t} + \beta_{\text{t corto}} \cdot X_{\text{t corto},2,i,t} + \beta_{\text{exp alta}} \cdot X_{\text{exp alta},2,i,t} + \beta_{\text{exp media}} \cdot X_{\text{exp media},2,i,t} + \beta_{\text{costo}} \cdot X_{\text{costo},2,i,t} + \varepsilon_2 \quad (2)$$

$$\text{ALT 3: } U_{3,i,t} = \beta_0 \quad (3)$$

Como puede observarse, los 5 atributos en el DCE que caracterizan las alternativas son Afiliación Universitaria, Amabilidad, Experiencia, Tiempo en dar un turno y Costo (tanto la variable experiencia como t. de turno se encuentran desglosadas en alta y media, ya que tienen 3 opciones de respuesta). Las ecuaciones se usaron indirectamente para para estimar el willingness to pay (WTP). Es decir, la disposición a pagar del paciente por: la introducción de una universidad en la clínica, por una unidad de cambio en la amabilidad del personal, por una unidad de cambio en la experiencia del médico y por una unidad de cambio en el tiempo en dar un turno. Mediante la obra social como vehículo monetario pudimos expresar en \$/mes el peso de las variables centrales mediante la Ecuación (4):

$$WTP_j = \beta_j / \beta_{\text{costo}} \quad (4)$$

En una segunda etapa de análisis, se profundizó en el modelo y se buscaron 5 relaciones de interés entre las variables demográficas y las centrales con el objeto de validar hipótesis importantes para la institución.

La primera hipótesis afirmó que los pacientes con mayor nivel de educación valoran la afiliación universitaria de la institución más que el resto de la muestra. Se generó la variable Xuniv (1 para quienes tienen título universitario o de posgrado, y 0 para otros), y se introdujo en el modelo como interacción con la afiliación universitaria. Se observa en las ecuaciones (5), (6) y (7):

$$\text{ALT 1: } U_{1,i,t} = \beta_0 + \beta_{\text{afil}} \cdot X_{\text{afil},1,i,t} + \beta_{\text{afil-univ}} \cdot X_{\text{afil},1,i,t} \cdot X_{\text{univ},1,i,t} + \beta_{\text{amab}} \cdot X_{\text{amab},1,i,t} + \beta_{\text{t medio}} \cdot X_{\text{t medio},1,i,t} + \beta_{\text{t corto}} \cdot X_{\text{t corto},1,i,t} + \beta_{\text{exp alta}} \cdot X_{\text{exp alta},1,i,t} + \beta_{\text{exp media}} \cdot X_{\text{exp media},1,i,t} + \beta_{\text{costo}} \cdot X_{\text{costo},1,i,t} + \varepsilon_1 \quad (5)$$

$$\text{ALT 2: } U_{2,i,t} = \beta_0 + \beta_{\text{afil}} \cdot X_{\text{afil},2,i,t} + \beta_{\text{afil-univ}} \cdot X_{\text{afil},2,i,t} \cdot X_{\text{univ},2,i,t} + \beta_{\text{amab}} \cdot X_{\text{amab},2,i,t} + \beta_{\text{t corto}} \cdot X_{\text{t corto},2,i,t} + \beta_{\text{t largo}} \cdot X_{\text{t largo},2,i,t} + \beta_{\text{exp alta}} \cdot X_{\text{exp alta},2,i,t} + \beta_{\text{exp media}} \cdot X_{\text{exp media},2,i,t} + \beta_{\text{costo}} \cdot X_{\text{costo},2,i,t} + \varepsilon_2 \quad (6)$$

$$\text{ALT 3: } U_{3,i,t} = \beta_0 \quad (7)$$

En el caso de que $x_{\text{univ}} = 1$, entonces:

$$\text{ALT 1: } U_{1,i,t} = \beta_0 + (\beta_{\text{afil}} + \beta_{\text{afil-univ}}) \cdot x_{\text{afil},1,i,t} + \dots$$

$$\text{ALT 2: } U_{1,i,t} = \beta_0 + (\beta_{\text{afil}} + \beta_{\text{afil-univ}}) \cdot x_{\text{afil},2,i,t} + \dots$$

$$\text{ALT 3: } U_{3,i,t} = \beta_0$$

Encambio, si $x_{\text{univ}} = 0$, las ecuación queda tal cual el modelo original. El mismo procedimiento fue utilizado para las restantes cuatro comparaciones, siempre generando una variable dicotómica que podía o bien sumar, o valer 0 y no producir efecto.

La segunda hipótesis afirma que los pacientes con movilidad afectada encuentran mayor utilidad en los turnos rápidos. Para ello, se generaron las variables X_{movil} que podía valer 1 (si tiene esclerosis múltiple, ACV, neurocirugías, problemas en nervios periféricos o Parkinson) o 0 (otras opciones), y X_{movil} que podía valer 1 (si padecía dolores de cabeza, epilepsia, problemas de memoria, dolores de espalda / hernias de disco o trastornos del ánimo) o 0 (otras opciones). La tercera hipótesis afirma que al aumentar la edad del encuestado, aumentaría también la utilidad que brindaría atenderse con personal amable. Se generaron las variables X_{anciano} que podía valer 1 (tiene edad mayor a 60 años), o 0 (otras opciones), y X_{joven} que podía valer 1 (tiene edad menor a 40 años), o 0 (otras opciones). La cuarta hipótesis afirma que al aumentar la edad del encuestado, mayor es la valoración de la experiencia del médico. Se trabajó con las variables de edad antes mencionadas. La quinta hipótesis afirma que aquellos pacientes que padecían dolor encuentran mayor utilidad en los turnos rápidos. Se generó la variable X_{dolor} según una pregunta del cuestionario.

3. METODOLOGIA

Se llegó a un acuerdo con la institución FLENI, para tener acceso a una gran base de datos de pacientes para distribuir la encuesta con el DCE, por el cual ellos se ofrecieron a brindar una base de datos de 15000 pacientes, teniendo como beneficio la posibilidad de acceder a los resultados de la investigación para fundamentar la toma de decisiones económicas y organizativas.

El experimento, si bien inocuo, fue presentado ante el comité de bioética de la institución por tratar con personas. El protocolo presentado detalló todo lo relacionado con la metodología, la información previa y los objetivos del experimento.

3.1. Investigación Cualitativa para desarrollar la escala

A fin de identificar las variables de mayor importancia para el análisis estadístico, se realizó una investigación cualitativa poniendo en juego ciertos aspectos y dejando no solo que un grupo de personas cuente sus experiencias, sino que también clasifiquen las variables con las que se encontraron. El objetivo de esta encuesta no fue obtener los datos finales para analizar, sino poder encontrar qué atributos principales se pondrían en juego en la encuesta experimental.

El cuestionario fue presentado como un estudio de carácter académico. La gente abordada se dividió en dos grupos, jóvenes (entre 20 y 30 años) y adultos (entre 40 y 65 años). Se entrevistaron 4 personas de cada grupo, siguiendo las prácticas habituales de muestras cualitativas. El lugar de realización fue también dividido: la mitad de cada grupo fue encuestado en la sala de espera de un hospital, y la otra mitad, en la vida cotidiana. Todos los participantes debieron haber asistido a una institución de salud en el último tiempo, dejando de lado guardias y análisis clínicos. Se utilizó la "técnica de focus": Una primera etapa de conversación general acerca de las instituciones de salud en la que va surgiendo lo más importante, una segunda etapa de profundización en los criterios de selección de modo espontáneo según la técnica de laddering, y una tercera etapa guiada donde se preguntó por la importancia de algunos criterios.

Dada la seriedad de algunas de las patologías de los entrevistados, fue necesario manejar la entrevista con una gran dosis de sensibilidad humana y objetividad profesional. En primer lugar se realizaron cuatro preguntas a los entrevistados registrando la reacción espontánea e indagando para conseguir profundidad en la información: *"Hablemos sobre la última vez que se atendió en una institución de salud para una consulta o tratamiento médico. Es decir, cuando fue a un hospital, sanatorio o clínica de cualquier tipo, con o sin internación. ¿En qué ocasión y con qué motivo fue? ¿Cómo fue su experiencia en la institución de salud? ¿Cuáles otras instituciones de salud consideró usted para aquella consulta, y por qué se decidió por la que eligió? ¿Cuáles son los aspectos que usted considera más importantes en la elección de la institución de salud?"* En segundo lugar, se le dio a cada encuestado 30 tarjetas conteniendo atributos de una hipotética institución de salud, y se le pidió que las ordene a su criterio en cantidades parecidas en "muy importantes", "bastante importantes" y "medianamente importantes". Estas fueron: *Que quede cerca de casa o del trabajo, Que el hospital tenga una afiliación universitaria, Que se realice investigación en el Hospital, Que los médicos sean muy competentes, Reconocimiento público de*

excelencia, Que admitan atención con obra social, Que el médico sea el jefe de su área de especialización, Que la institución tenga equipamiento moderno, Que los médicos sean afables y humanos en su trato, Que los médicos expliquen claramente el problema de salud. Que el resto del personal administrativo y enfermeras sean cordiales, Que den los turnos con pocos días de espera, Que, una vez en el lugar, la espera sea corta, Que la sala de espera sea cómoda y amplia, Que el edificio sea moderno, Que haya Wifi, Que esté limpio, Que haya multiespecialidad (neuro, cardio, pediatría etc, Que las habitaciones sean lindas, Accesibilidad telefónica al médico rápida, Que tenga estacionamiento, Que tenga instalaciones para discapacitados, Que las habitaciones sean individuales, Que se pueda pagar con tarjeta, Que haya un Bar/Restaurant en el edificio, Flexibilidad en los días y horarios de consulta, Privacidad en las instalaciones para dejar la ropa y las pertenencias, Tiempo que tarda el tratamiento, Tiempo que tardan en entregar los resultados, Precisión en el diagnóstico.

Los individuos entrevistados cubrieron el rango entre 23 y 65 años, ambos sexos, y un amplio conjunto de dolencias como problemas neurológicos crónicos como Parkinson y epilepsia, tratamiento de cáncer, control de quistes hasta chequeo de lunares. Todos habían asistido hace menos de 2 años, con lo cual fueron precisos con sus respuestas. Casi todos remarcaron el poco tiempo de espera como algo fundamental, así como también la parte referida a la “hotelería”. Algunas personas mayores esperando en las salas de FLENI, contaron su experiencia en otros hospitales donde se quejaron de haber estado en cuartos compartidos, de limitada higiene, con un solo baño para todos, y con médicos poco certeros que usaban la misma medicación para todos los pacientes. Los jóvenes sin embargo, se inclinaron más hacia atención con obra social, debido probablemente a la menor gravedad de sus consultas con respecto a los mayores. Esto fue casi la respuesta unánime que dieron los jóvenes al porqué de la elección de la clínica. A su vez surgieron respuestas como atención “por costumbre” en un lugar determinado, o por “nombre del médico”, es decir, reputación del especialista. Con respecto a los aspectos importantes, tanto los jóvenes como los adultos coincidieron en que el menor tiempo de espera posible, la reputación del médico y la clínica, los avances tecnológicos y farmacológicos y limpieza del lugar eran las variables más importantes. A continuación vemos como ordenaron las variables:

- Como categoría de muy importante, las variables más repetidas fueron: “Precisión en el diagnóstico” (x7), “ Que los médicos expliquen claramente el problema de salud” (x6), “Que admitan atención con Obra Social” (x6), “Que haya multiespecialidad en la institución” (x5), “Que la institución tenga equipamiento moderno” (x5), “Que los médicos sean afables y humanos en su trato” (x5).
- Como categoría de bastante importante, las variables más repetidas fueron: “Que el resto del personal administrativo y enfermeras sean cordiales” (x8), “Que el hospital tenga una afiliación universitaria” (x5), “Flexibilidad en los días y horarios de consulta” (x4), “Tiempo en el que tardan en entregar los resultados” (x4).
- Como categoría de poco importante: “Que haya un bar/restaurant en el hospital” (x6), “Que se pueda pagar con tarjeta” (x5), “Que haya privacidad para dejar las pertenencias en las instalaciones” (x5), “Que las habitaciones sean lindas” (x5), “Que haya Wifi” (x5)

3.2. Diseño de Encuesta Experimental

El objetivo fue obtener información acerca de las variables de interés relacionadas a las instituciones de salud, a fin de poder mejorar su atención y servicio. Se utilizó la plataforma abierta LimeSurvey. Se distribuyó en nombre de FLENI, utilizando su base de datos de pacientes. Luego de un filtro para identificar a las personas de la población objetivo, la entrevista pasó al experimento. El experimento consistió en la selección de una institución de salud entre dos alternativas genéricas descriptas por sus características y el costo, teniendo el paciente la posibilidad de no elegir ninguna. El ejercicio de selección se repitió 9 veces con distintos valores para las variables. Las variables son:

- *Afiliación Universitaria*: consistió en dos opciones: con o sin afiliación universitaria.

- *Trato de Enfermeras y personal administrativo*: se planteó como una variable dicotómica, sin presentar la opción de “mal trato”. Por lo tanto, las opciones fueron “trato normal” o “muy amables”.

- *Tiempo que tardan en dar un turno*: la variable contó con tres valores posibles. Obtener un turno en menos de una semana, esperando entre 1 semana y un mes, y por último esperando más de un mes.

- *Experiencia del médico que lo atiende*: también contó con tres posibles respuestas. El encuestado pudo optar por atenderse con un médico recién recibido, con uno con reconocimiento nacional, o con uno con reconocimiento internacional y de trayectoria.

- *Costo*: se introdujo como vehículo monetario el valor mensual de una obra social que cubriría todos los atributos de cada institución que se presentaba. Se separaron dos bloques de acuerdo al ingreso del entrevistado. Aquellos con obra social o medicina prepaga se derivaron al bloque de “ingreso económico alto” donde el valor base fue el precio del plan OSDE 410, y el resto al de

“ingreso económico bajo” donde el valor base fue 25% del precio del plan OSDE 210. Los valores de costo utilizados en el experimento oscilaron alrededor de estos valores base en 5 niveles: $\pm 15\%$ y $\pm 30\%$.

Luego se relevó información potencialmente influyente sobre la temática principal del estudio, y finalmente se hicieron predguntas demográficas.

Teniendo en cuenta que Afiliación Universitaria (2 niveles), Amabilidad del Personal (2), Tiempo en dar un turno (3), Experiencia del médico (3), Costo de Obra Social (5), se genera un total de $2 \times 2 \times 3 \times 3 \times 3 \times 5 = 180$ esenarios posibles. Considerando la factibilidad de la entrevista se redujo el número de escenarios a 18, seleccionando un subconjunto óptimo mediante el algoritmo de Federov. El criterio de optimización se refiere al balance de los niveles de cada factor y de cada para de niveles de cada par de factores. Finalmente se dividieron en dos bloques de 9 escenarios, mediante el algoritmo de Meyer & Nachtsheim, que fueron adjudicados aleatoriamente a cada encuestado. Ambos procesos se realizaron mediante el paquete DOE programado en R. Se empleó el método de las permutaciones cíclicas para desarrollar el diseño experimental hacia la segunda alternativa, en consonancia con las recomendaciones de Huber & Zwerina (1996).

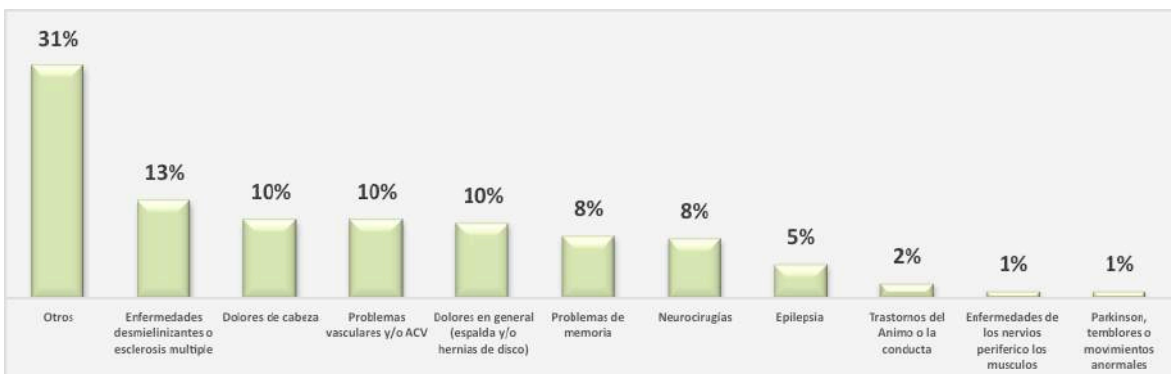
4. RESULTADOS

Las características demográficas de la muestra responden a la base de pacientes de la institución FLENI. A continuación se detallaron los puntos de mayor interés que hacen a la riqueza y diversidad de la población estudiada. La encuesta se distribuyó a 15.000 pacientes, obteniendo una tasa de respuesta del 2%. De las 314 respuestas obtenidas, 36 fueron descartadas por motivos de consistencia, resultando 278 respuestas validas.

La distribución demográfica muestra 57% de mujeres y un perfil etario similar a la población de pacientes de FLENI (22% de 18-40, 34% de 40-60, y 41% de 60+). La mayor parte de los entrevistados (90%) respondieron por sí mismos, y en los otros casos el acompañante manifestó tomar las decisiones.

La figura 2 muestra la distribución de las patologías de la muestra. La categoría “otros” responde al departamento de clínica general (encargado de abordar todas aquellas enfermedades que no pertenecen a las 10 principales clínicas).

Figura 2. Principales enfermedades por las que se asistió a la clínica (Otros cubre todas las patologías fuera de las especificadas)



El nivel de ingresos, medido según el criterio antes descripto, resultó mayormente alto (70%). Como es de esperarse, también se observó a medida que aumenta la edad, aumenta el porcentaje de discapacidades físicas. Con respecto a los pacientes menores de 18 (3% de la muestra), se observó que 13% estaba en silla de ruedas. Esto nuevamente condice con la gravedad de las enfermedades por las que la gente acude al instituto FLENI. Por último, también se observó que a mayor nivel de educación mayor la probabilidad de encontrarse en actividad laboral.

En cuanto a las disposiciones, se observó que 79% de los pacientes que requieren asistencia médica lo hace con tranquilidad, sabiendo que van a controlar que no tenga ningún problema, mientras que 17% lo hacen con indiferencia y 3% con disgusto. Entre los pacientes que afirmaron acudir con tranquilidad, más de 50% esperan recibir ayuda para luchar día a día con la enfermedad, y 36% esperan recibir una cuidada comunicación del diagnóstico.

En una primera etapa se evaluaron los resultados de modo general, y seguidamente se evaluaron las hipótesis planteadas.

4.1. Analisis General

Los resultados del modelo principal pueden observarse en la siguiente tabla:

Tabla 1: Resultados análisis general

Alternativa	Frecuencia
Ins 1	0.301
Ins 2	0.381
None	0.317

Variable	IC de 95%			
	Coeficiente	Std Error	t-value	p-value
Ins 2	0.343	0.0679	5.054	4.34E-07
None	1.407	0.169	8.316	2.20E-16
Afiliación	0.00122	0.0706	0.0173	0.986
Amabilidad	0.396	0.0673	5.883	4.02E-09
T. turno medio	0.961	0.101	9.504	2.20E-16
T. turno rápido	1.132	0.0953	11.886	2.20E-16
Exp Nacional	2.057	0.108	18.734	2.20E-16
Exp. Internacional	2.491	0.104	23.912	2.20E-16
Costo	-4.00E-04	5.96E-05	-6.724	1.75E-11
IV parametro (Ins)	0.544	0.0565	9.621	2.20E-16

En primer lugar, se observa que la Institución 2 tuvo una mayor frecuencia de elección que las otras opciones. Esto puede justificarse con la posición que ocupó en la pantalla, o con un ligero desbalance en el atractivo de las variables de importancia. A su vez, la alternativa status quo (None), pareció generar mayor utilidad que las Instituciones 1 y 2. Un cambio entre éstas últimas aumenta solo un 24% el beneficio en comparación con pasar de alguna de las Instituciones a no atenderse en ninguna. Es evidente que la gente prefiere atenderse en las instituciones que conoce tal como son ahora, que arriesgarse a algo nuevo e hipotético. El modelo separa este efecto para poder medir el de las otras variables.

Los atributos de la función de utilidad estuvieron bien definidos y se comportaron según lo esperado, corroborando la validez externa del modelo. A mayor experiencia del médico el modelo predice mayor la utilidad (beneficio); a mayor celeridad en el turno, mayor la utilidad; la incorporación de una filial universitaria a la clínica, aumenta la utilidad; a mayor amabilidad por parte del personal y enfermeras, mayor la utilidad; y al aumentar el costo de la clínica, disminuye la utilidad.

De los 5 atributos principales, la afiliación universitaria fue la única no estadísticamente significativa ($p\text{-value} = 0,986$). Las demás variables resultaron relevantes para la selección de la institución de salud por parte de los individuos entrevistados. Es ilustrativo el gran peso que tuvo el reconocimiento y experiencia del médico. El coeficiente referido a la experiencia internacional, duplica en peso al de obtener un turno rápido, siendo lo más importante para el paciente a la hora de elegir una institución de salud. El costo tuvo una influencia, dada por el coeficiente β , más baja de lo esperado, probablemente debido a la heterogeneidad de ingresos de los encuestados.

Al analizar la diferencia de utilidades, se notó que al aumentar el turno de más de un mes (turno lento), a entre una semana y un mes (turno medio), aumenta la utilidad en 0,96 puntos. Por otro lado, aumentar de un turno medio a un turno rápido (menos de una semana), solo indicó un incremento de 0,17 puntos, es decir la rapidez del turno presenta rendimiento decreciente.

De la misma forma, se observó que aumentar la experiencia del médico a reconocimiento nacional, aumenta la utilidad en 1,13 puntos. Por otro lado, dar un paso más y aumentar el reconocimiento de nacional a internacional, tan solo aumentó el beneficio en 0,44 puntos, encontrando rendimientos decrecientes. Al relacionar tiempo en dar un turno y la experiencia del médico, se ve que si bien el aumento entre la opción más desfavorable y la intermedia aumentaron la utilidad equitativamente para ambos atributos, el aumento otorgado por atenderse con un médico de experiencia internacional en lugar de nacional, fue un 61% más importante que el de obtener un turno rápido en lugar de un turno medio. La amabilidad extra, es decir contar con un personal muy amable, solo aumentó en 0,39 puntos el beneficio de la institución en relación a la amabilidad normal. En base a la importancia de los atributos, se tomaron como referencia los que más aumento demostraron, es decir el reconocimiento nacional del médico y el tiempo medio en dar un turno. La relación con los atributos menos significativos fue la siguiente: fue casi 3 veces más importante obtener un turno en tiempo medio, y más de 5 veces más importante

consultar a un médico con reconocimiento nacional, que tratar con un personal muy amable. Por último, el coeficiente de McFadden confirma la bondad de ajuste del modelo principal. Los resultados de amabilidad y de afiliación demostraron ser poco significativos en comparación con el tiempo en dar un turno y la experiencia del médico. Ambos atributos fueron los más importantes, estando los encuestados dispuestos a pagar 427 \$/mes por obtener turnos dentro de la semana, y 1085 \$/mes más por aumentar el reconocimiento del médico consultado de nacional a internacional.

Tabla 2: Willingness to pay.

Atributos	WTP (calculation)	WTP (estimate [\$/month])
menos de una semana de espera hasta el turno	$\beta_{t \text{ rap}} / \beta_{\text{costo}}$	2830
entre 1 semana y 1 mes de espera hasta el turno	$\beta_{t \text{ med}} / \beta_{\text{costo}}$	2402.5
atención con medico de reconocimiento internacional	$\beta_{\text{exp int}} / \beta_{\text{costo}}$	6227.5
atención con médico de reconocimiento nacional	$\beta_{\text{exp nac}} / \beta_{\text{costo}}$	5142.5
1 unidad de aumento en la amabilidad del personal	$\beta_{\text{amab}} / \beta_{\text{costo}}$	990
Introducción de una filial universitaria	$\beta_{\text{afil}} / \beta_{\text{costo}}$	3.05

Teniendo en cuenta el perfil de la muestra (70% ingresos altos, 30% ingresos bajos), y que los costos mensuales de la obra social mensual alcanzaban valores de 4550 \$/mes, consideramos que los resultados monetarios pueden estar sesgados hacia arriba. A fin de confirmar esta presunción podría utilizarse un modelo de estructura Bayesiana, en dónde cada encuestado sea tomado como un individuo en particular, pudiendo calcular el promedio de los cocientes de los β , y no el cociente de los promedios de los mismos. La complejidad matemática de este tipo de modelos excede el alcance de este estudio.

4.2. Analisis con Variables Demográficas

- Estudios alcanzados – Afiliación Universitaria

Hipótesis: A mayor nivel de estudios, mayor valor en introducir una filial universitaria.

Variables: X univ, que valdrá 1 en caso que el encuestado posea estudios universitarios o de posgrado, y 0 en todo el resto de las ocasiones. Se la relaciona con la variable afiliación, generando X afil-univ.

Tabla 3 Relacion demográfica- Estudios Alcanzados vs Afil. Universitaria

Alternativa	Frecuencia
Ins 1	0.301
Ins 2	0.381
None	0.317

Variable	IC de 95%			
	Coeficiente	Std Error	t-value	p-value
Ins 2	0.343	0.0679	5.054	4.34E-07
None	1.407	0.169	8.316	2.20E-16
Afiliación	-0.0105	0.095	-0.11	0.91
Afil - Univ	0.020	0.056	9.6	0.86
Amabilidad	0.396	0.0673	5.883	4.02E-09
T. turno medio	0.961	0.101	9.504	2.20E-16
T. turno rápido	1.132	0.0953	11.886	2.20E-16
Exp Nacional	2.057	0.108	18.734	2.20E-16
Exp. Internacional	2.491	0.104	23.912	2.20E-16
Costo	-4.00E-04	5.96E-05	-6.724	1.75E-11
IV parametro (Ins)	0.544	0.0565	9.621	2.20E-16

Resultados: Al ser un coeficiente estadísticamente no significativo, el valor que toma se vuelve inestable y no se pudieron sacar conclusiones seguras. Lo único que pudimos ver, es que los universitarios muestran tendencialmente mayor predilección que el resto de los encuestados por la afiliación universitaria de la institución.

- *Enfermedad - tiempo en dar un turno*

Hipotesis: Pacientes que padecen enfermedades que pueden afectar la movilidad, encuentran mayor utilidad en tiempos cortos al dar un turno.

Variables: se introdujeron dos variables nuevas, X móvil y X inmóvil. Estas ultimas se mezclaron con el tiempo en dar un turno, generándose 4 relaciones: X turno medio-móvil, X turno medio-inmóvil, X turno rápido-móvil, X turno rápido-inmóvil. Los pacientes incluidos en grupo móvil, fueron aquellos que sufren dolores de cabeza, epilepsia, problemas de memoria, dolores de espalda o trastornos de animo. Por otro lado, aquellos que sufrían de esclerosis múltiple, ACVs, que han padecido neuro-cirugías, Parkinson o enfermedades de los nervios periféricos, fueron incluidos en el grupo inmóvil.

Tabla 4: *Relacion demográfica- Enfermedad vs. Tiempo en dar un turno*

Alternativa	Frecuencia
Ins 1	0.301
Ins 2	0.381
None	0.317

Variable	IC de 95%			
	Coeficiente	Std Error	t-value	p-value
Ins 2	0.343	0.0679	5.054	4.34E-07
None	1.407	0.169	8.316	2.20E-16
Afiliación	0.00122	0.0706	0.0173	0.986
Amabilidad	0.396	0.0673	5.883	4.02E-09
T turno medio	0.893	0.136	6.52	6.60E-11
T turno medio - movil	0.100	0.183	0.54	0.58
T turno medio - inmovil	0.140	0.213	0.65	0.51
T turno rapido	1.18	0.134	8.81	2.20E-16
T turno rapido - movil	-0.310	0.173	-0.75	0.449
T turno rapido - inmovil	-0.014	0.235	-0.072	0.94
Exp Nacional	2.057	0.108	18.734	2.20E-16
Exp. Internacional	2.491	0.104	23.912	2.20E-16
Costo	-4.00E-04	5.96E-05	-6.724	1.75E-11
IV parametro (Ins)	0.544	0.0565	9.621	2.20E-16

Resultados: En éste segundo análisis, los p-values volvieron a ser altos imposibilitándonos llegar a conclusiones robustas. Tentativamente, se observó que tanto los pacientes con enfermedades que dificultan la movilidad como aquellos sin problemas, encuentran mayor utilidad en obtener un turno entre una semana y un mes que los pacientes con “Otros” problemas. De todas formas, el valor fue mayor para aquellos con inmovilidades, situándose 0.04 puntos por sobre el resto de los pacientes. Al cruzar el análisis con turnos rápidos (de menos de una semana) fue muy interesante encontrar que éste tipo de turno no agrega más valor para aquellos enfermos neurológicos con y sin problemas de movilidad. Teniendo en cuenta que la referencia utilizada fueron todos los “Otros” diagnósticos que se atienden en la institución, fue evidente que la mayor celeridad en el turno tiene valor solamente para estos últimos (kinesiología, traumatología, oftalmología, medicina clínica, etc). Los pacientes con enfermedades más serias (Parkinson, ACVs, esquizofrenia etc) parecieron optar por un tiempo en dar un turno medio pero priorizando la experiencia del medico por sobre todas las cosas, tal como se vio en los análisis generales.

- *Edad - Amabilidad*

Hipotesis: A mayor edad, mayor valor en tratar con personal amable.

Variables: se introdujeron 2 variables nuevas, X joven (igual a 1 si es menor que 40 años, 0 en el resto de los casos) y X anciano (igual a 1 si es mayor que 60 años, 0 en el resto de los casos). Finalmente se la cruzó con la variable amabilidad, generándose X amab-joven y X amab-anciano.

Tabla 5: *Relacion demográfica- Edad vs Amabilidad del personal*

Alternativa	Frecuencia
Ins 1	0.301
Ins 2	0.381
None	0.317

Variable	IC de 95%			
	Coefficiente	Std Error	t-value	p-value
Ins 2	0.343	0.0679	5.054	4.34E-07
None	1.407	0.169	8.316	2.20E-16
Afiliación	0.00122	0.0706	0.0173	0.986
Amab	0.39	0.1	3.72	1.96E-04
Amab - joven	0.079	0.162	0.49	0.623
Amab - anciano	-0.050	0.13	-0.37	0.7
T. turno medio	0.961	0.101	9.504	2.20E-16
T. turno rápido	1.132	0.0953	11.886	2.20E-16
Exp Nacional	2.057	0.108	18.734	2.20E-16
Exp. Internacional	2.491	0.104	23.912	2.20E-16
Costo	-4.00E-04	5.96E-05	-6.724	1.75E-11
IV parametro (Ins)	0.544	0.0565	9.621	2.20E-16

Resultados: La amabilidad extra no fue un atributo muy significativo, y se observó un rendimiento tendencialmente decreciente en función al aumento de la edad.

- *Edad- Experiencia del médico*

Hipotesis: Pacientes en edad avanzada, encuentran mayor utilidad en atenderse con médicos experimentados.

Variables: las mismas variables del punto anterior, se mezclaron con la experiencia del medico. Se general así X exp nacional-joven, X exp nacional-anciano, X exp internacional-joven y X exp internacional-anciano.

Tabla 6: *Relacion demográfica- Edad vs. Experiencia del Medico*

Alternativa	Frecuencia
Ins 1	0.301
Ins 2	0.381
None	0.317

Variable	IC de 95%			
	Coefficiente	Std Error	t-value	p-value
Ins 2	0.343	0.0679	5.054	4.34E-07
None	1.407	0.169	8.316	2.20E-16
Afiliación	0.00122	0.0706	0.0173	0.986
Amabilidad	0.396	0.0673	5.883	4.02E-09
T. turno medio	0.961	0.101	9.504	2.20E-16
T. turno rápido	1.132	0.0953	11.886	2.20E-16
Exp nacional	1.91	0.14	13.32	2.20E-16
Exp nacional - joven	0.265	0.186	1.425	0.153
Exp nacional - anciano	0.116	0.159	0.73	0.463
Exp internacional	2.63	0.13	18.99	2.20E-16
Exp internacional - joven	0.210	0.178	1.19	0.23
Exp internacional - anciano	-0.445	0.152	-2.92	0.0034
Costo	-4.00E-04	5.96E-05	-6.724	1.75E-11
IV parametro (Ins)	0.544	0.0565	9.621	2.20E-16

Resultados: En éste caso, el único coeficiente estadísticamente significativo fue el de Exp internacional - anciano. Esto nos dice que los ancianos no valoran tanto la experiencia internacional como el resto. En cuanto a los jóvenes se puede decir que valoran más la experiencia internacional que los otros, pero solo tentativamente ya que el $p = 0.15$. Los más ancianos mostraron estar 0.445 puntos por debajo de los de edad intermedia, y 0.655 puntos por debajo de los más jóvenes, con un p-value bastante significativo ($p\text{-value} = 0.0034$). Es muy probable que aquellas personas ancianas hayan estado menos informadas sobre las posibilidades de atención existentes que los pacientes más jóvenes, y por ende, no hayan sido tan ambiciosos a la hora de buscar un médico muy experimentado. Nuevamente los valores confirmaron que la experiencia de experiencia internacional del médico no es algo mandatorio

para los pacientes. Este descubrimiento no fue menor, ya que podría mostrarle a FLENI que es posible distribuir la atención entre la media de médicos experimentados, sin necesidad de agobiar a aquellos directores de área con trayectoria internacional.

- *Dolor – tiempo en dar un turno*

Hipotesis: Pacientes que sufren dolores encuentran mayor valor en obtener turnos rápidamente.

Variables: se generó la variable X dolor que valdrá 1 si el paciente sufre algún tipo de molestia, y 0 para todo el resto de los casos. Se la cruza con el tiempo en dar en turno, obteniéndose las variables X turno rápido-dolor y X turno medio-dolor.

Tabla 6: *Relacion demográfica- Dolor vs. Tiempo en dar un turno*

Alternativa	Frecuencia
Ins 1	0.301
Ins 2	0.381
None	0.317

Variable	IC de 95%			
	Coefficiente	Std Error	t-value	p-value
Ins 2	0.343	0.0679	5.054	4.34E-07
None	1.407	0.169	8.316	2.20E-16
Afiliación	0.00122	0.0706	0.0173	0.986
Amabilidad	0.396	0.0673	5.883	4.02E-09
T turno medio	0.95	0.1	8.75	2.20E-16
T turno medio -dolor	0.010	0.179	0.058	0.95
T turno rapido	1.1	0.103	10.65	2.20E-16
T turno rapido -dolor	0.140	0.17	0.82	0.4
Exp Nacional	2.057	0.108	18.734	2.20E-16
Exp. Internacional	2.491	0.104	23.912	2.20E-16
Costo	-4.00E-04	5.96E-05	-6.724	1.75E-11
IV parametro (Ins)	0.544	0.0565	9.621	2.20E-16

Resultados: Aquellos pacientes que sienten dolor, son tendencialmente más propensos que el resto a elegir turnos con celeridad. De hecho, la diferencia de utilidad para obtener un turno en tiempo medio entre los pacientes que sienten dolor y el resto, fue de 0.010 puntos; y la diferencia de utilidad para obtener un turno en menos de una semana para los pacientes con dolor y el resto, fue de 0.140 puntos. Es decir que cuanto más rápido el turno, más valorado fue por aquellos individuos que sienten dolor (los pacientes doloridos valoran 14 veces más un aumento entre turnos rápidos, que un aumento entre turnos medios).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En orden ascendente de importancia, los atributos fueron valorados de la siguiente forma: experiencia del médico, tiempo en dar un turno, amabilidad del personal e introducción de una filial universitaria, siendo este último de dudosa relevancia para los pacientes.

El principal resultado obtenido es que la experiencia del médico es el atributo más valorado. De hecho, se descubrió que los profesionales con reconocimiento internacional son los más buscados, pero muy levemente por encima de aquellos con experiencia nacional. En cuanto a los ancianos, no valoran la trayectoria internacional por encima de la nacional, por lo cual no tiene sentido asignarles médicos de trayectoria extraordinaria. Sin embargo, ocurre lo contrario para los pacientes más jóvenes. Teniendo en cuenta que aproximadamente 40% de los pacientes de FLENI son mayores de 60 años, la institución podría rediagramar los turnos o sugerir atención especializada de acuerdo a los perfiles etarios. De esta forma no habría tanta espera para turnos con médicos de alto reconocimiento, ya que posiblemente muchos de los pacientes no valoran ese atributo. A su vez, el estudio sirvió para confirmar que el mercado argentino no está listo para valorar títulos y experiencia internacional en los médicos de las instituciones. Confirmamos cuantitativamente que a mayor celeridad en el turno, mayor la utilidad. El turno rápido fue más valorado que el medio, pero con poca diferencia y con retornos decrecientes. Tentativamente, pudimos ver que aquellos pacientes que afirmaron padecer dolor, y aquellos con “otras” patologías generales (kinesiología, rehabilitación, traumatología, pediatría etc), encontraron mayor utilidad en turnos muy rápidos. Todo el resto de los enfermos, parecieron estar satisfechos con una espera media, siempre en un contexto dónde la experiencia del médico siguió siendo el atributo más importante. En tercer lugar, con respeto al trato del personal y las enfermeras, el

atributo de amabilidad extra fue valorado, solo que no tanto como otras cosas. Al parecer, un personal con amabilidad normal fue suficiente a la hora de elegir una institución. Teniendo en cuenta la poca significancia de éste atributo, FLENI debería enfocarse en otros aspectos antes de pulir la amabilidad de su personal.

Por último, se observó que la introducción de una filial universitaria, no aumenta significativamente la utilidad. Ni siquiera pudo verse que el pequeño incremento en ésta última sea apalancada en aquellos pacientes con niveles educativos altos (universitario y posgrado). Teniendo en cuenta la poca significancia del atributo, podría sugerirse que FLENI no invierta recursos ni tiempo en obtener una afiliación universitaria ya que no pareció ser algo mandatorio a la hora de elegir una institución de salud, al menos en lo referente a la demanda. Considerando la alta significancia del atributo "costo" y su relación negativa con la elección de la institución, se pudo valorar la importancia que tiene para FLENI mantener precios accesibles y atender con obra social o medicina prepaga.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANNA ALBERINI, MILAN SCASNY (2013); Exploring heterogeneity in the value of a statistical life: Cause of death vs. risk perceptions; Charles University Prague.
- [2] DAVID W. HOSMER, STANLEY LEMESHOW (2008); Applied Logistic Regression. Wiley Interscience publication, Second Edition.
- [3] EMILIO PICASSO, MARIANO BONOLI, GONZALO PEÑA, OSVALDO MERMOZ (2012); Estimación de la demanda de un Estacionamiento Periférico mediante Modelos de Elección Discreta. UBA Press.
- [4] HUBER J, ZWERINA K (1996); The Importance of Utility Balance in Efficient Choice Designs. Journal of Marketing Research, 33 (August): 307-317.
- [5] LOUVIERE J., HENSHER D., SWAIT J. (2000); Stated choice methods: Analysis and applications. Cambridge Univ. Press, New York.
- [6] MCFADDEN D., TALVITIE A., COSSLETT S., HASSAN I., JOHNSON M., REID F., TRAIN K. (1977); Demand model estimation and validation; final report, volume V, urban travel demand forecasting project. Institute of Transportation Statistics, Univ. of California, Berkeley.
- [7] MCFADDEN D. (1997); Measuring willingness-to-pay for transportation improvements. University of California, Berkeley, USA.
- [8] RYAN M., K. GERARD AND M. AMAYA (2008); Using Discrete Choice Experiments to Value Health and Healthcare. Springer Press.
- [9] ORTUZAR J. D. (2000); Modelos econométricos de elección discreta. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- [10] TRAIN K.E. (2003); Discrete choice methods with simulation. Cambridge Univ. Press.

Implementación de un software de gestión en una Facultad Pública: necesidades y factores de análisis

Cinalli, Marcelo*; López, Horacio; Gallegos, María Laura; Cabo, Natalia; Hetze, Vanesa; Bárbaro, Laura

*Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional.
Colón 332, San Nicolás, Buenos Aires. cinalli@siderurgia.org.ar*

RESUMEN

Este trabajo narra el análisis de la implementación de un software de gestión documental, a realizarse en etapas progresivas, a fin de que se concentre toda la documentación generada por los distintos procesos.

La decisión de la implementación del sistema es tomada conjuntamente entre el decano de la UTN- Facultad Regional San Nicolás y el Gabinete de Gestión de la Mejora Continua, esta medida involucra a todas las áreas relacionadas con la gestión institucional.

Se describen las relaciones formales e informales y sus metodologías de trabajo que constituyen factores condicionantes para la implementación de un software de gestión documental en una facultad pública. Se detallan los factores físicos e infraestructura que son requeridos para la adopción del sistema, dentro de la comunidad educativa donde se establecen relaciones entre los diferentes actores que la integran.

Previamente, y para definir requerimientos del sistema, se realizó un mapa de relaciones formales que vincula las actividades entre áreas y el esquema o red de procesos que integran la gestión universitaria. Se continuó con el estudio de las áreas consideradas críticas y la generación de información documentada relativa a los procesos de gestión, en función que la implementación de este sistema se hará de manera progresiva, comenzando en las áreas que hacen a trámites académico administrativo, vinculados con el usuario interno-externo.

La propuesta de análisis presentada, puede replicarse a otras instituciones educativas (extensiones áulicas) para integrar las distintas áreas que trabajen con un enfoque y criterios unificados. En adelante, el grupo concentrará los esfuerzos en la confección de los manuales necesarios para la administración y utilización del sistema

La metodología utilizada es de carácter descriptiva con enfoque mixto, a través de entrevistas y de un instrumento de recolección (cuestionario).

Palabras Claves: Mejora continua, gestión, facultad, software

ABSTRACT

This work describes the analysis of the implementation of document management software, to be carried out in progressive stages, so that all the documentation generated by the different processes is concentrated.

The decision to implement the system is taken jointly by the dean of the UTN-San Nicolás Regional Faculty and the Office of Management of Continuous Improvement, this measure involves all areas related to institutional management.

It describes the formal and informal relationships and their working methodologies that are conditioning factors for the implementation of document management software in a public faculty. It details the physical factors and infrastructure that are required for the adoption of the system, within the educational community where relationships are established between the different actors that integrate it.

Previously, and to define system requirements, a formal relations map was drawn up that links the activities between areas and the scheme or network of processes that integrate university management. The study of the areas considered critical and the generation of documented information regarding the management processes was continued, since the implementation of this system will be done progressively, beginning in the areas that make administrative formalities linked to the internal-external user.

The proposed analysis can be replicated to other educational institutions to integrate the different areas that work with a unified approach and criteria. From now on, the group will concentrate efforts in the preparation of the manuals necessary for the administration and use of the system

The methodology used is descriptive with a mixed approach, through interviews and a collection instrument (questionnaire).

1.- INTRODUCCIÓN

Una gestión ordenada y eficiente constituye una necesidad en la sustentabilidad de Pymes y empresas de gran tamaño. En el ámbito educativo, apremia brindar un marco adecuado tanto a las actividades académicas como a las de administración, investigación, desarrollo, extensión y vinculación.

En el marco de los antecedentes, el avance y la continuidad del Programa de Calidad, dependiente del Plan de Desarrollo Institucional (2015-2025) de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional San Nicolás (UTN-FRSN), tanto su desarrollo como análisis, son plasmados en trabajos presentados a congresos. La finalidad de esta metodología de trabajo busca dejar huella en la implementación de sistemas de gestión de la mejora continua en universidades públicas.

El presente trabajo, actualmente en curso, describe el estudio previo y el análisis de factibilidad técnica y organizacional para la implementación de un sistema informático, en la gestión de la calidad, en las diferentes áreas de la Facultad Regional San Nicolás. Desde la conformación de la estructura de gestión de la calidad hasta los avances para la implementación de un sistema informático se cumplieron diferentes etapas, en las que se recopiló y procesó la información que controla las actividades de diferentes áreas de la facultad.

Una vez creada la estructura y obtenida la documentación, hoy aplicable a cuatro secretarías, se procedió a evaluar los puntos sobre los cuales tendría incumbencia el sistema informático, para luego analizar varias alternativas de compra que cumplan con las premisas solicitadas.

En la actualidad, las universidades se han convertido en agentes del cambio, como consecuencia, resulta clave pensar que se precisa la modernización de sus métodos de trabajo. Por ello, proponemos el desarrollo de un plan que integre a las distintas áreas y las involucre en el proceso de la mejora continua con enfoque en los usuarios y en su entorno.

Este trabajo deriva del Programa de Calidad vinculado al Plan Estratégico Institucional y para llevar adelante esta tarea se formó un equipo interdisciplinario, cuyos miembros están relacionados con el área de ingeniería industrial y con sistemas informáticos, quienes trabajan en forma mancomunada con el personal de las distintas áreas involucradas en el proyecto, a fin de desarrollar un sistema de gestión académico sólido, flexible y basado en indicadores confiables.

2. METODOLOGÍA

El presente trabajo pretende responder los siguientes interrogantes: ¿Cómo estructurar un sistema de gestión en una institución universitaria? ¿Cómo jerarquizar la gestión documental y en que medios de soporte? ¿Cómo abordar la comunicación con las áreas? ¿Cuál es la metodología de seguimiento más adecuada? ¿Cómo gestionar el control de avance asociado a la gestión? Estos procesos se inician a través de las intervenciones de diagnóstico. La metodología utilizada es la observación directa, las entrevistas individuales o en grupo, y los cuestionarios o alguna combinación entre ellos [1]. Se describen en este trabajo conclusiones y aportes preliminares que se derivan de los interrogantes planteados.

2.1 Antecedentes

Desde el punto de vista de una institución formadora de profesionales idóneos para la industria, la docencia y/o la investigación, asegurar las expectativas de los usuarios, entenderlas y buscar las oportunidades de mejora, compromete no solo a la calidad del ámbito académico sino a demostrar una gestión eficaz y eficiente en el seno de su actividad. Entre los desafíos encontrados para formular la calidad de la gestión universitaria se encuentra: generar canales confiables de uso y resguardo de la información, asegurar que las áreas brinden sus servicios conforme a los procedimientos y normas establecidas, desarrollar mecanismos que permitan identificar oportunidades de mejora sistemáticamente e implementarlas. El Plan de Desarrollo Institucional, basado en el Proyecto Institucional de la Universidad (PIU) [2] menciona éste propósito y renueva la condición de una gestión institucional transversal a las actividades académica, de investigación y de vinculación /transferencia. Así, la premisa actual conlleva a introducir ciertos parámetros de calidad en la actividad académica, identificando dimensiones propias de cada especialidad, con estándares definidos por el proceso de acreditación de las carreras de Ingeniería (CONEAU), motivando la necesidad de ordenamiento adecuado de la gestión interna como clave, para detectar aspectos de mejora futura y lograr una sólida garantía pública (CONFEDI).

C. Adelman y otros [3], en una recopilación de autores, menciona estrategias en el camino de la búsqueda de Calidad de las Universidades: cambios en los criterios de financiación externa, el mercado, la evaluación y los cambios organizativos y gestión estratégica; refiriéndose esta última, a la puesta en marcha de cambios organizativos y mejoras en la gestión con el objetivo de incrementar la eficiencia y la eficacia de los servicios que proporcionan. El desarrollo de equipos de mejora, colabora ampliamente en el propósito de implantar la calidad. Un grupo de personas con un objetivo común, con recursos asignados, alineados a la sinergia y el consenso y que estén motivadas para realizar la tarea de poner en juego su experiencia y creatividad para lograr un

resultado determinado. Aquí cobran relevancia tres aspectos básicos: la selección de sus miembros, los roles, y el método de trabajo.

En un trabajo previo, presentado en el 1er Congreso Latinoamericano de Ingeniería (CLADI 2017) se describen los antecedentes, el avance y la continuidad del Programa de Calidad, enmarcado en el Plan de Desarrollo Institucional (2015-2025) de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional San Nicolás (UTN-FRSN). [4]

La Secretaría de Tecnologías de la Información y Comunicación (SeTIC), ha acompañado en la búsqueda de alternativas para el soporte documental, ya que la instrumentación de un sistema informático de estas características requiere de un análisis previo para determinar la factibilidad de implementación técnica y su capacidad de responder a las necesidades organizacionales y culturales de la institución. Además, el sistema debe favorecer la disponibilidad de la documentación y su rápido acceso brindando un soporte eficiente a todas las actividades de mejora que se planteen en el sistema de Gestión Interna y en el Académico.

2.2. Desarrollo

La decisión de implementar un sistema informático, fue consensuada con las autoridades y adoptada por el Gabinete de Gestión de Calidad. Cada equipo de docentes, que conforman el gabinete, desarrolló con anterioridad actividades vinculadas a la mejora de la gestión, impulsada por sus Secretarías: instrumentación y formación de recursos de las distintas áreas vinculada a la Secretaría de TIC y definición y estandarización de métodos de Biblioteca impulsados por la Secretaría Académica y de Planeamiento. Estas acciones han sido necesidades institucionales (la de SETIC a partir de software de Rectorado y la de Biblioteca, a partir de la estandarización de procedimientos, plasmado en el plan institucional).

La conformación del equipo de trabajo, con conocimientos y actividades en diferentes áreas ha resultado una ventaja, ya que permitió al grupo ampliar el rango de trabajo y ser más flexible en la toma de decisiones. Luego de varias reuniones entre los integrantes y, otras veces con las autoridades, se conformó el Gabinete que tiene a su cargo la tarea de coordinar a las diferentes áreas administrativas, con el objetivo de que toda información y procedimientos estén en concordancia con el plan estratégico institucional.

2.2.1 Etapas en la implementación del Programa

Las acciones previas realizadas en el marco del Programa de Calidad fueron metódicas y en forma cronológica, desde la creación y coordinación del Gabinete, pasando por el desarrollo del trabajo y áreas a relevar, hasta el análisis de la implementación del software.

Creación de Estructura formal: Gabinete de Calidad y mejora continua.

A efectos del desarrollo del Programa, se constituyó mediante resolución de Decano 1380/16 el Gabinete de Gestión de la Mejora Continua (GMC), cuya finalidad es llevar adelante la implementación del sistema de gestión de calidad en las dependencias de la FRSN. Con una estructura definida de funciones y responsabilidades, respeta jerarquías y mecanismos institucionalizados de la FRSN. Los roles que integran el equipo operativo se diagraman en la siguiente figura:

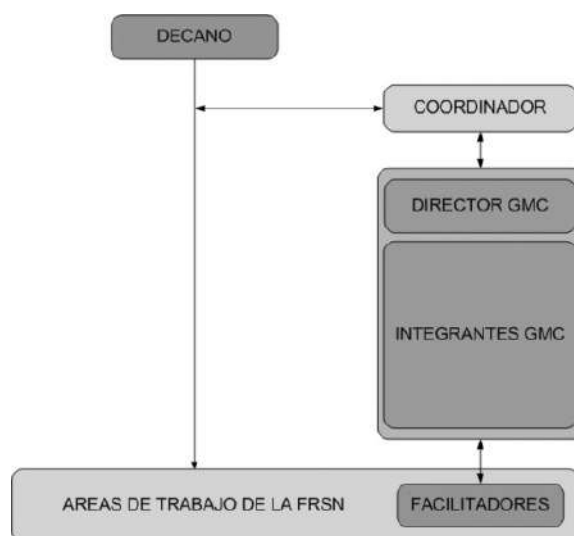


Figura 1 Organigrama del GMC

Una vez consolidado el Programa, actúa como soporte permanente de las necesidades de las áreas y el seguimiento de acciones de mejora. A continuación se describen las instancias del plan de trabajo.

Plan de visitas y desarrollo de la documentación

El Gabinete opera interactuando con todas las áreas y secretarías para desarrollar documentación y analizar los procesos administrativos. En la primera etapa, sus funciones se focalizaron a las actividades de relevamiento, análisis y colaboración en la formulación de métodos de cuadro secretarías: Secretarías Académica y de Planeamiento, de Asuntos Universitarios, Extensión Universitaria y de Posgrado y Educación Continua, quienes elaboraron sus procedimientos de trabajo en conjunto con el Gabinete.

Las visitas y el análisis de los procesos de la FRSN, abarcan desde el ingreso de un aspirante hasta el graduado universitario y/o de posgrado. Este contacto se mantiene más allá de la finalización del cursado, a través de diferentes áreas. El análisis del diagnóstico inicial, orienta en las actividades a realizar en cada Secretaría/ Área y las propias del Gabinete. El plan de visitas programado se cumplió en un 100%.

Avances alcanzados

Se trabajó mediante reuniones programadas y consenso. Gran parte de las actividades de las áreas se regulan a través de resoluciones y ordenanzas, por lo cual cada área es conocedora de sus tareas y de los pasos necesarios para cumplimentarlas. Por lo tanto, el objetivo se centró en definir pautas para la realización de dichas actividades con lineamientos que establezcan cómo se realiza la actividad y dónde se documentan sus resultados. Finalmente, cómo se procesa dicha información, como instrumento para la toma de decisiones. Esto significó una nueva metodología de abordaje, donde cada área recibió un modelo de documento pre-escrito con descripción preliminar de las tareas realizadas a partir de las entrevistas y preguntas o consultas, para luego actuar como “revisora”. Así, cada área revisó y volcó sus rutinas para dejarla plasmada de manera formal.

La política de calidad y objetivos estratégicos para desarrollar la gestión, están alineados al Plan de Desarrollo Institucional y a los documentos rectores de UTN-FRSN.

Acciones de la Secretaría de TIC: Sistema informático

Por otra parte, el Gabinete junto a la Secretaría de TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) avanzó en la búsqueda de alternativas para el soporte documental. Finalmente, se aprobó la incorporación de un software de gestión que permitirá jerarquizar la gestión documental, favoreciendo su disponibilidad y rápido acceso, y brindar un soporte eficiente a todas las actividades de mejora que se planteen tanto en el sistema de Gestión Interna como en el Académico.

La implementación de dicha propuesta permite propiciar la generación de información confiable, disponible y actualizada y permanente a través de los distintos sistemas informáticos disponibles en FRSN.

Una de las medidas a las que se llegó, luego de cumplimentar estas actividades, es la de contar con un software de gestión como herramienta metodológica, ya que se detectaron dificultades como nuclear la información, sistematizar y organizar la comunicación a partir de los canales disponibles.

3. RESULTADOS

3.1 Análisis de factores que influyen en la implementación de un software de gestión

Además de los requerimientos técnicos propios de la implementación de un software, existen otros factores de gran importancia a la hora de analizar los requisitos que deberá cumplir el software, dependiendo del tipo de organización en la que se aplique. Se detecta, así, la necesidad de realizar un análisis previo para determinar cuáles son las características de la organización, referida a sus procesos administrativos y a su sistema de comunicación (formal e informal). Para ello se estudiaron dos aspectos fundamentales:

- El esquema de procesos: Permite realizar un seguimiento del recorrido académico de los alumnos desde que es ingresante hasta que se gradúa.
- Mapa de comunicación entre las áreas: En este mapa se describen la comunicación que se establece entre los distintos integrantes del sistema académico.

Particularmente en el caso de los esquemas o mapas (de proceso y de comunicación), nos permiten coordinar el tráfico de la documentación y las áreas que deben emitir y recibir información. A continuación se describen el contenido y la función de cada uno de ellos.

3.2 Esquema de procesos

Este esquema muestra las áreas, Figura 2, con las que el usuario entrará en contacto durante su paso por la universidad.

DIAGRAMA GENERAL DE PROCESOS

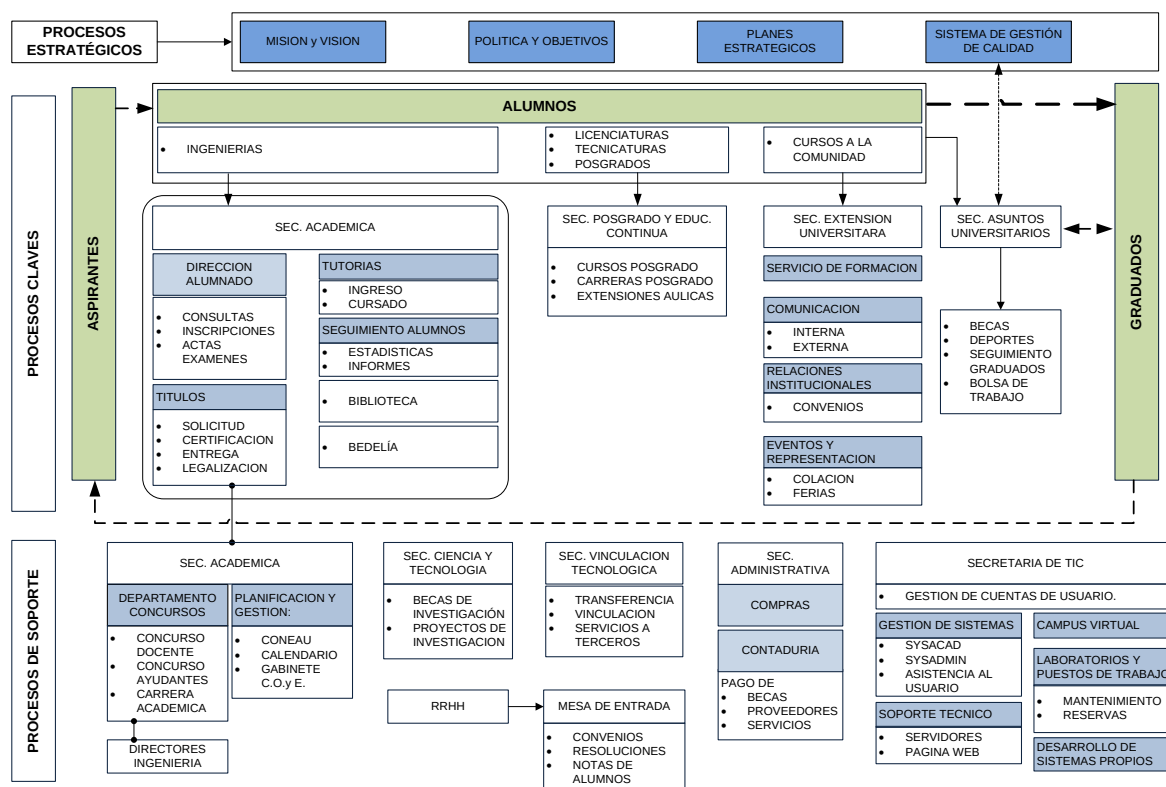


Figura 2 Diagrama general de procesos

Los procesos estratégicos son los que se encuentran detallados en el Plan Estratégico Institucional, son aquellos que rigen el destino de la institución. En particular, el proceso que nos sirvió de guía es el que detalla el desarrollo académico de un alumno, desde su inscripción hasta que se gradúa.

En este esquema los procesos claves, son aquellos con los que el usuario se relaciona de manera cotidiana durante el transcurso de su carrera académica, como ejemplos se puede mencionar Alumnado, Bedelía, Biblioteca etc.

Los procesos de soporte, se encuentran menos visibilizados por parte del alumno, pero pueden llegar a ser de igual ó de mayor importancia que los procesos claves. En este rango se encuentran las actividades de las Secretarías, Contaduría, Sistemas informáticos, etc. Estas áreas están principalmente orientadas a la institución.

Con base en este esquema se determinan las fuentes principales de documentación, procesos y reglamentos que las rigen, permitiendo por un lado la visión global de la institución y de sus circuitos de gestión administrativos y por otro realizar la tarea de identificación del área, plan de trabajo y modo de abordaje para realizar las reuniones con los equipos de trabajo.

3.3. Mapa de comunicación entre áreas

La función principal de este mapa, Figura 3, es indicar la forma en que se comunican las diferentes áreas, plantear la forma en que se transmite la documentación y realizar un seguimiento de la misma.

Por ejemplo: Se puede observar que durante su desarrollo académico un alumno toma contacto con las áreas que se mencionan a continuación:

- Secretaría Académica: especialmente con las áreas de Alumnado, Bedelía ó Biblioteca.
- Secretaría de Asuntos Universitarios: a fin de obtener información sobre las becas ó actividades deportivas.
- Sec. De Extensión Universitaria y/o Escuelas Articuladas: debido a que hay distintas alternativas por las cuales una persona puede ser alumno.
- Sec. De Ciencia y tecnología ó Laboratorios: un alumno puede tener una beca o pertenecer a un grupo de investigación.

Este esquema nos permite detectar quienes serán los interlocutores claves, la función que cumplirá cada uno en el desarrollo, aprobación y cumplimiento de un proceso y asignarles un rango o categoría en la redacción, aprobación y publicación de los procesos claves.

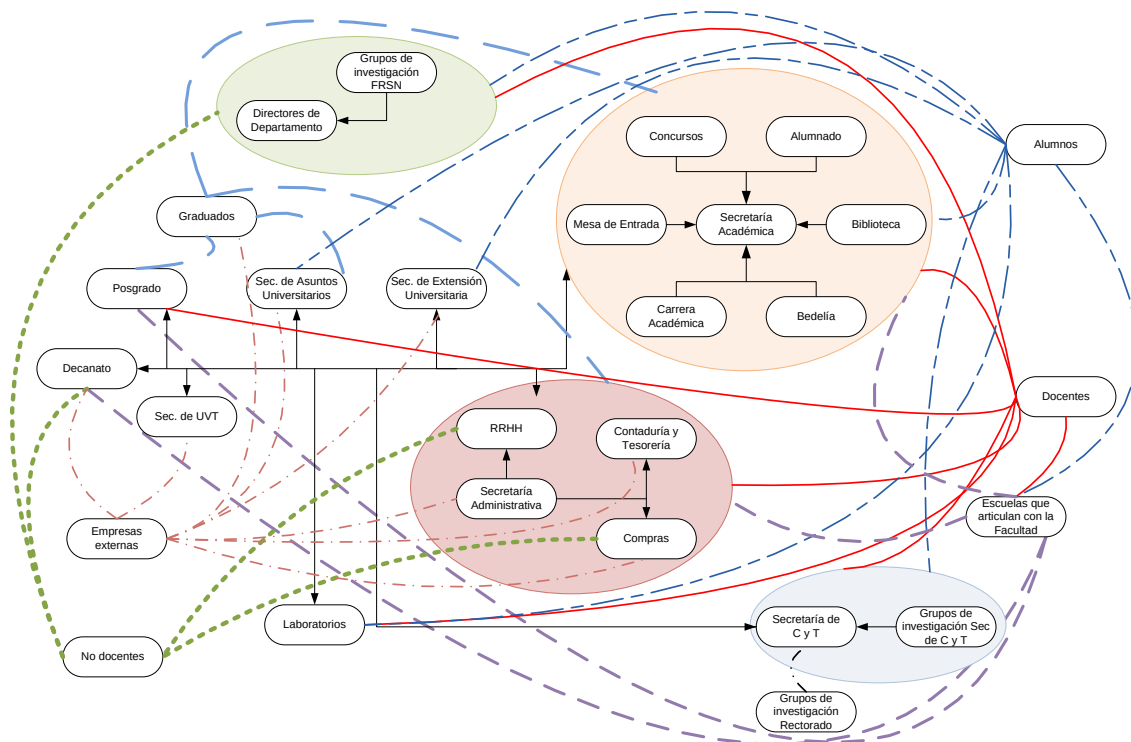


Figura 3 Mapa comunicacional

3.4 Control de la documentación

Los esquemas anteriores permiten inferir las relaciones que se generan entre los actores de la institución y la documentación creada durante las actividades comunes. Es lógico pensar que toda documentación va a pasar por diferentes “estados”, desde que se detecta un evento y se comienza a desarrollar un proceso que lo describa y brinde solución hasta que este quede obsoleto por haberse desarrollado una versión mejorada de este proceso. En este sentido los diferentes estados de la documentación pueden ser borrador, documento para aprobar, documento publicado (válido ó en circulación) y documento obsoleto. En todos los casos, quienes se otorguen la potestad de redactar y/o distribuir la información, deben resguardar las siguientes propiedades de la documentación:

- Integridad: todos los integrantes de la organización deben tener el mismo documento y nadie excepto las personas acreditadas para la edición deberá poder modificarlo.
- Distribución: Se deberá llevar un listado de la gente que deba recibir una copia y dejar constancia de que recibió la documentación.
- Actualización y unicidad: todos los integrantes de la organización deberán estar trabajando con la última versión del documento según el área que le corresponda. En ningún caso debe permitirse que haya diferentes versiones del documento en circulación.
- Privacidad: No todos los documentos pueden ser vistos por todo el personal. En todo momento puede haber documentos que sean del ámbito privado de un área y que no deban ser conocidos por personal ajenos a la misma. De ser este el caso, se deberá llevar un listado de quien debe recibir determinados documentos.
- Resguardo: Se debe llevar un control de los documentos en circulación, fecha de recepción y persona que lo recibió, pero también, no deja de ser menos importante almacenar cuidadosamente las versiones obsoletas de los documentos. Esto se debe a dos factores, el primero ya mencionado anteriormente, sólo habrá en circulación una única versión de los documentos y la segunda, es que se deben resguardar cuidadosamente los documentos indicando su período de vigencia debido a que es la base sobre la cual se realizaron en cierto momento las actividades del área.

El estado de la documentación es solo una parte del control de la misma, es igual de importante saber el rol que cumplen los usuarios en el desarrollo de la misma. En este sentido se debe tener presente dos cualidades (propiedades) del usuario:

- Rol de usuario: un usuario puede tener un nivel de acceso a la información que le permita documentar procesos, un paso posterior en el desarrollo sería el de revisor, que puede tener permisos para editar ciertos documentos, luego quien aprueba la documentación y por último quién la publica.
- Alcance del usuario: hace referencia a los diferentes tipos de documentos a los que va a tener acceso y a las áreas a las que pertenece. Un usuario podrá ver todos los

documentos correspondientes a su área, pero no los de otras. Mientras otros usuarios podrán acceder a los pertenecientes a varias áreas.

Los pasos antes mencionados se quisieron administrar por medio de permisos de accesos, correos electrónicos y otras herramientas de TIC's pero por lo complejo del uso y las dificultades en la administración se llegó a la conclusión de que lo más adecuado era contar con un sistema de gestión de la información que cumpliera con todos los puntos antes mencionados. Es así, que avanzamos al siguiente paso y evaluamos diferentes alternativas en sistemas.

3.5 Evaluación del sistema informático

Ante la necesidad de contar con un software de gestión como herramienta de cambio en la administración de documentos y usuarios, se trabajó en la tarea de selección. Para ello se evaluaron dos alternativas, la posibilidad de realizarlo con personal propio de la Facultad, contando con la colaboración de la Secretaría de TIC ó la compra a un proveedor externo con experiencia en el desarrollo de este tipo de software. (No viene al caso en este documento nombrar marcas comerciales, debido a que se toma como hecho relevante el criterio de selección mientras que las marcas pueden ser diferentes dependiendo de la zona ó el organismo encargado de la selección).

Para ello se armó una tabla de criterios de selección, donde a cada criterio se le asignó un peso, ver Tabla 1

Tabla 1 *Criterios de selección*

	Peso	Factores/Criterio de evaluación
Factor 1	6	Precio (incluye formación)
Factor 2	4	Factibilidad (de instalación, aplicabilidad)
Factor 3	5	Capacitación (mesa de ayuda, colaborador asignado).
Factor 4	3	Nivel de Respuesta (comercial y técnica).

El peso es un valor que indica en cuanto influye una característica en la selección. En nuestro caso, el precio presenta un valor muy importante, pero a pesar de ello las demás características juegan un papel influyente.

Se realizó la evaluación, Tabla 2, donde a cada característica se le asignó una calificación que indica el factor de influencia favorable de cada peso por producto.

Tabla 2 *Factores de evaluación*

	Factores o criterios de evaluación								
	Precio		Capacitación		Factibilidad		Nivel de Respuesta		Total
	Calif.	Peso	Calif.	Peso	Calif.	Peso	Calif.	Peso	
Sistemas evaluados									
Sistema informático 1	5	6	5	5	4	4	4	3	83
Sistema informático 2	4	6	9	5	7	4	8	3	121
Desarrollo propio	7	6	7	5	2	4	3	3	94

En base a estos criterios se puede ver que el desarrollo propio tiene una alta calificación en precio y en capacitación, pues lo realiza personal de la institución a quienes se los puede consultar permanentemente, pero un bajo peso en factibilidad pues el tiempo de demora es demasiado al no contar con personal con experiencia en el desarrollo de este tipo de software.

La empresa a la que se adquirió el producto presentó un buen plan de capacitación y de implantación en la Facultad lo que compensó el costo superior al software 1.

Otro de los factores que influyó en la decisión de compra fue que el proveedor del producto haría la personalización de las características del producto acorde a ciertos criterios de la organización, tales como el logo, la base de usuarios con su tabla de área de pertenencia, alcance y rol en la gestión de la documentación. Esto influye en el tiempo de capacitación al trabajar con usuarios propios de la organización y en tiempo de implementación del software.

3.6 Implementación de un sistema informático.

La adquisición del sistema implica los siguientes pasos de implementación actualmente en curso en conjunto con la Secretaría de TIC:

- Definir por parte del proveedor de software las especificaciones a cumplir por el/los Servidor/es para la instalación.
- Designar el servidor y enviar la información del mismo a la Empresa Proveedora, incluyendo la definición de servidores para correr el software y para almacenar las bases de datos en SQL.

- Instalar el software seleccionado con una base pre-parametrizada en forma remota desde la empresa con supervisión y apoyo de la Sec. de TIC.
- Desarrollar la primera capacitación por el proveedor del software, Sistema de Gestión de Documentos, en las instalaciones de FRSN a los responsables de la administración (Sec. TIC y Gabinete GMC).
- Realizar la etapa de pruebas por parte de los integrantes del Gabinete y Sec. de TIC (alta, baja, modificación, vínculo de documentos, workflow, etc.)
- Desarrollar la segunda capacitación por el proveedor de software en las instalaciones de la FRSN a los responsables de la administración (Sec. TIC y Gabinete GMC)

Las distintas alternativas para la implementación se analizaron a través de una matriz de priorización la cual arrojó los siguientes resultados:

4. CONCLUSIONES.

Desde el punto de vista del sistema organizacional la implementación de un software de gestión de documentos no es el fin por lograr, sino que es una poderosa herramienta que nos facilita el desarrollo del sistema de calidad. A este punto, se llega luego de recorrer y consolidar diferentes etapas, desde la creación por parte de las autoridades, la conformación del Gabinete, la aceptación por parte de la organización, el relevamiento de las diferentes áreas que nos permitieron conocer los documentos que rigen sus actividades y los procesos documentados que deberán cumplir con el sistema de Calidad implementado. También, se debe tener un sólido conocimiento de la organización, quienes son los responsables de generar documentación y como se realiza el intercambio de la misma entre las diferentes áreas.

Una vez cumplidas estas etapas de desarrollo del sistema de calidad, se llegó a la necesidad de contar con una herramienta que las ordene y las organice de manera sistematizada con el fin de fortalecer el control de la documentación, el almacenamiento, la distribución y la actuación de los usuarios dentro del sistema con el objetivo fijado en la calidad de gestión en el ámbito educativo.

Queda, seguir avanzando en la implementación del software seleccionado, ingresando la documentación relevada de las áreas ya visitadas e incorporar nuevas áreas de la Facultad que aún no se ha visitado. Consolidar el uso del software en las áreas visitadas, capacitando a los usuarios y colaborando con ellos mientras dan sus primeros pasos. Esta actividad supondrá un cambio en la metodología de trabajo, que nos permitirá evaluar la reacción de los usuarios al cambio de metodología y de ser necesario redactar nuevos procedimientos.

5. REFERENCIAS.

- [1] Schein, E. H. (1973). *Consultoría de procesos: Su papel en el desarrollo organizacional*. Fondo Educativo Interamerica Bogotá.
- [2] Proyecto Institucional de la Universidad (PIU).
- [3] Adelman, C., Cabrera, A. F., La Nasa, S. M., Lubinescu, E., Mora, J. G., & Ratcliff, J. L. (2002). *Nuevas miradas sobre la Universidad*. Buenos Aires: Eduntref.
- [4] López, Horacio, [et al]. (2017) La calidad y la gestión institucional como propósito en la universidad. CLADI 2017. Entre Ríos. Paraná.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Sr. Decano de nuestra institución Ing. Haroldo Tomás Avetta, a la Secretaria de TIC Lic. Georgina Rodriguez y a todo el personal de la institución que colaboró con el trabajo del Gabinete.

Uso de técnicas de minería de datos para la detección de patrones a datos de empresas industriales de Rafaela

Fornari Javier Fernando*; Gramajo Sergio; Neira Rodolfo; Beltramino Gonzalo; Paglia Agustina

*UTN Facultad Regional Rafaela
Acuña 49, 2300 Rafaela, Santa Fe
javier.fornari@frra.utn.edu.ar*

RESUMEN

Las instituciones de Rafaela y su zona, están en una búsqueda constante de información para la mejora de los procesos de la industria local. Entre esas actividades se destacan los censos que, mediante el uso de encuestas permiten relevar entre los empresarios datos acerca del mercado local, exportaciones, estrategias competitivas, utilización de tecnologías de información y comunicación, recursos humanos y otras variables relevantes para el diseño de programas de mejora y fomento de la industria. En este trabajo se propone, a partir del relevamiento de datos de la industria local, un proceso de minería de datos para establecer relaciones entre las variables aplicando algoritmos de aprendizaje automático. En este caso, a través de procesos de relación y agrupamiento, se ha llegado a conclusiones relevantes que permiten comprender el funcionamiento de las empresas de la región y en especial la relación de las empresas productivas de la ciudad con la tecnología.

Palabras Claves: Minería de datos; Industria; Reglas de Asociación; Agrupación.

ABSTRACT

Rafaela's institutions and its region, are in constant search of information for the improvement of the processes of the local industry. Among these activities are the censuses that, through the use of surveys, allow companies to provide information about the local market, exports, competitive strategies, use of information and communication technologies, human resources and other relevant variables to the design of improvement and promotion of the industry. In this work, a data mining process is proposed, based on the data of the local industry, to establish relations among the variables by applying algorithms of automatic learning. In this case, through relationship and clustering processes, relevant conclusions have been reached that allow us to understand the operation of companies in the region and especially the relationship of industrial companies of Rafaela with technology.

1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Rafaela siempre ha sido ampliamente reconocida en la región y el país por su gran espíritu emprendedor, heredado de los inmigrantes fundadores que buscaban en estas nuevas tierras una oportunidad para llevar una vida mejor. Desde su formación a principios de 1880, Rafaela se ha convertido en un estandarte agroindustrial, ejemplo de crecimiento y superación[1].

Con el objetivo de trabajar en la formación del capital humano y construir información para la toma de decisiones, el Consejo Municipal aprueba en 1997 la creación del ICEdeL (Instituto de Capacitación y Estudios para el Desarrollo Local), organismo que desde su creación ha jugado un papel fundamental en la obtención de información estadística y analítica sobre la economía local [2]. Es dicho organismo el encargado de la realización del Censo Industrial, que permite conocer a las industrias rafaquinas y al ámbito socioeconómico donde estas se desenvuelven.

De acuerdo a este censo, Rafaela contaba con 496 empresas manufactureras en 2012, lo cual representaba un incremento del 14,8 % con respecto al 2006. Solamente 8 industrias son consideradas grandes empresas mientras que el resto son consideradas mipymes¹. Las principales actividades desarrolladas son la metalúrgica (35,7%) y la alimenticia (22,2%). La gran mayoría de las empresas tienen una naturaleza familiar (92,3%), lo cual representa una de las principales características de las mipymes y empresas grandes rafaquinas[3].

En este caso, el trabajo se centrará en la aplicación de una herramienta que aplica algoritmos de minería de datos denominada Weka a un conjunto de datos obtenidos a través de una encuesta realizada por la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rafaela a 24 empresas de la zona. El cuestionario confeccionado está compuesto por 62 preguntas relacionadas a diferentes aspectos de la industria, pero enfocadas principalmente a la aplicación de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación). Debido a la similitud de las variables y del grupo objetivo donde se aplicó es posible considerar los datos obtenidos como un subconjunto de datos del Censo Industrial de Rafaela.

Como resultado de este proyecto de investigación se espera realizar el procesamiento de los datos obtenidos utilizando algoritmos de relación y agrupación que permitan comprender el funcionamiento intrínseco de la industria local. Asimismo, a partir de la información obtenida se podrá utilizar en diversas instituciones rafaquinas para guiar a las empresas en procesos de mejora y de aplicación de las nuevas tecnologías de información y comunicación en sus procesos.

2. METODOLOGÍA

La minería de datos se ocupa de encontrar patrones en grandes volúmenes de datos, aplicando diferentes metodologías como la inteligencia artificial, el aprendizaje automático (machine learning), estadísticas y bases de datos [4]. Los dos métodos de procesamiento a utilizar serán relación y agrupamiento. El método de relación se encarga de establecer relaciones entre los comportamientos de las variables, descubriendo hechos recurrentes en bases de datos [5]; mientras que el de agrupamiento agrupará a las organizaciones de acuerdo a diversos criterios compartidos [6].

Para este trabajo se ha seleccionado la herramienta computacional Weka, desarrollada por la universidad de Waikato (Nueva Zelanda). Esta utilidad informática es una colección de algoritmos de aprendizaje automático para tareas de minería de datos. Los algoritmos pueden ser aplicados directamente a un conjunto de datos o desde un código Java propio. Contiene herramientas para pre-procesamiento de datos, clasificación, regresión, agrupación, reglas de asociación y visualización. También es adecuado para desarrollar nuevos esquemas de aprendizaje de máquinas [7].

El uso de este programa requiere que los datos estén preparados con un formato predeterminado generando una estructura rígida que acepta archivos solamente separados por comas (.csv) y un archivo con formato de relaciones entre atributos (.arff). En este caso, el tipo seleccionado es el segundo, desarrollado también por la Universidad de Waikato, que consta de un archivo de texto en formato ASCII donde se describe una lista de instancias que comparten una serie de atributos. Este formato presenta como principal ventaja la velocidad de procesamiento, ya que Weka considera que las todas las variables en otro tipo de formatos son numéricas hasta que se encuentra un dato que no puede ser relacionado con un número, operatoria que consume tiempo y recursos extras. [7].

En una primera instancia se procedió a estructurar el resultado del cuestionario ya que su formato original estaba en Microsoft Excel (.xls) para que luego la herramienta pueda utilizarlo y así ejecutar el proceso de minería de datos, tal como se observa en la figura 1.

¹ En Argentina, según la resolución 50/2013 se considera "micro, pequeña o mediana empresa" a aquellas cuyas ventas anuales expresadas en pesos no superen los 183 millones.



Figura 1. Pasos involucrados en el proceso de minería de datos.

2.1. Paso 1: Selección y transformación

En primer lugar, se determinaron en función de un proceso de estudio generalizado aquellas variables relevantes de forma de utilizar los datos más importantes. En este caso, las variables que se aceptaron están referidas a temáticas tales como:

- Datos básicos de las empresas, como razón social, antigüedad y cantidad de empleados.
- Información sobre el mercado local, como el posicionamiento de cada empresa, exportaciones y evolución de las ventas.
- Información sobre procesos, como la aplicación de procedimientos y uso de herramientas para la programación de la producción.
- Aplicación de las TIC; incluyendo sus beneficios, costos y dificultades atravesadas durante el proceso.

Mediante un proceso de correlación y combinación lineal se seleccionaron solo 32 variables conformando un archivo en formato Microsoft Excel tal como se puede apreciar en la figura 2.

Aproximadamente igual.	0	Puntos de Control de Calidad.	Planillas de seguimiento de resultado de producción por puesto
Algo mayor (hasta un 40%).	0	No.	No.
Aproximadamente igual.	2	No.	No.
Algo mayor (hasta un 40%).	5	No.	No.
Algo mayor (hasta un 40%).	5	No.	No.
Algo mayor (hasta un 40%).	0	No.	No.
Aproximadamente igual.	0	Puntos de Control de Calidad	Planillas de seguimiento de resultado de producción por puesto
Mucho mayor (más de un 40%).	4	Puntos de Control de Calidad	Planillas de seguimiento de resultado de producción por puesto
Mucho mayor (más de un 40%).	0	Puntos de Control de Calidad	No.
Algo mayor (hasta un 40%).	4	Puntos de Control de Calidad	Planillas de seguimiento de resultado de producción por puesto
Algo mayor (hasta un 40%).	0	No.	No.
Mucho mayor (más de un 40%).	0	No.	No.

Figura 2. Segmento del archivo utilizado

Luego, se adaptaron los datos a la estructura solicitada. Para ello se procedió a la conversión del archivo .xls a .csv y se añadieron los atributos y el encabezado de acuerdo al formato requerido por Weka. En este caso se utilizaron tres tipos de atributos: STRING (para la razón social de las empresas), INTEGER (para la antigüedad de cada organización descrita en números enteros) y ENUMERADO (donde entre llaves se describen todos los posibles valores que puede adquirir una variable). En la figura 3 se puede ver el resultado donde se detalla la descripción de atributos y la estructura de los datos separados por coma.

```
@attribute "57tics_costos_produccion" {Alta,Media,Baja,Inrelevante}
@attribute "57tics_facilidad_proceso" {Alta,Media,Baja,Inrelevante}
@attribute "57tics_acceso" {Alta,Media,Baja,Inrelevante}
@attribute "57tics_costo" {Alta,Media,Baja,Inrelevante}
@attribute "59tics_recomendacion" {"Altamente probable","Muy posible"}
@attribute "60tics_experiencia_previa" {"De acuerdo","Podría ser","No estoy seguro","En desacuerdo"}
@attribute "61tics_PLC" {"Sin uso","De vez en cuando","Frecuentemente","No fue adquirido"}
@attribute "61tics_CAQ" {"Sin uso","De vez en cuando","Frecuentemente","No fue adquirido"}
@attribute "61tics_SAP" {"Sin uso","De vez en cuando","Frecuentemente","No fue adquirido"}

@data
10,"Hasta 20","No","50-100","Si,No,No,Si,No,"Aproximadamente igual",0,"Puntos control de calidad","Planil
14,"Hasta 20","No","50-100","No,No,Si,No,No,"hasta treinta y nueve",0,No,No,No,"Normas específicas del se
7,"Hasta 20","No","50-100","No,No,Si,No,No,"Aproximadamente igual",2,No,No,No,"Normas específicas del se
25,"Hasta 20","No","0-5","No,No,Si,No,Si,"hasta treinta y nueve",5,No,No,No,No,No,"Ninguno de los anterio
27,"Hasta 20","Si","6-15","No,Si,Si,No,No,"hasta treinta y nueve",0,No,No,No,No,No,"Ninguno de los anterio
16,"Más de 100","Si","16-30","No,No,Si,Si,Si,"Aproximadamente igual",0,"Puntos control de calidad","Planil
```

Figura 3. Segmento del archivo .arff

Si bien la cantidad de variables y datos es reducida, y se podría pensar que con un análisis estadístico tradicional sería suficiente, existen una serie de ventajas que justifican el uso de la minería de datos. En primer lugar, el procesamiento es mucho más rápido, fácil y eficiente, a pesar de que los algoritmos estén optimizados para grandes cantidades de datos. Además, está comprobado que la precisión de los resultados es mucho mayor aplicando herramientas de minería de datos como Weka que otras como MS Excel [8]. También existen evidencias de que los modelos estadísticos tradicionales ofrecen resultados limitados en grupos de datos pequeños, ya que se requieren grandes asunciones por parte del analista para obtener resultados útiles [9].

Por último, este análisis es un nuevo tipo de enfoque dirigido a la aplicación de la misma metodología a todas las variables y datos del Censo Industrial de Rafaela, por lo que este reducido grupo de datos cumple la función de establecer la forma de trabajo y analizar el potencial y uso de este tipo de herramientas.

2.2. Paso 2: Procesamiento de Datos

Para el procesamiento de los datos se utilizó la herramienta Explorer de Weka, que permite aplicar diferentes algoritmos de forma individual sobre el conjunto de datos contenido en el archivo .arff.

La primera función aplicada para este conjunto de datos fue la de asociación, que permite establecer relaciones en los comportamientos de las variables. Si bien Weka devuelve un número de relaciones definido por el usuario, ello no significa que todas ellas sean útiles o tengan un significado real y aplicable, y será trabajo del analista encontrar aquellas que posean un significado relevante. Se puede visualizar en la figura 4 el resultado de la primera prueba realizada sobre todas las variables seleccionadas con un nivel de confianza de 0,9 y un soporte de 0,5 utilizando el método "A priori".

```
Best rules found:

1. 21tablero_control=Si 15 ==> 39componentes_calidad_opcF=No 15 conf:(1)
2. 39componentes_calidad_opcA=Puntos control de calidad 15 ==> 39componentes_calidad_opcF=No 15 conf:(1)
3. 21tablero_control=Si 54introduccion_nuevas_tics=Si 14 ==> 39componentes_calidad_opcF=No 14 conf:(1)
4. 39componentes_calidad_opcA=Puntos control de calidad 54introduccion_nuevas_tics=Si 14 ==> 39componentes_calidad_opcF=No 14 conf:(1)
5. 49proceso_estrategico_opcB=No 16 ==> 56tecnologias_beneficios=De acuerdo 16 conf:(0.94)
6. 54introduccion_nuevas_tics=Si 56tecnologias_beneficios=De acuerdo 16 ==> 39componentes_calidad_opcF=No 15 conf:(0.94)
7. 21tablero_control=Si 15 ==> 54introduccion_nuevas_tics=Si 14 conf:(0.93)
8. 39componentes_calidad_opcA=Puntos control de calidad 15 ==> 54introduccion_nuevas_tics=Si 14 conf:(0.93)
9. 21tablero_control=Si 39componentes_calidad_opcF=No 15 ==> 54introduccion_nuevas_tics=Si 14 conf:(0.93)
10. 21tablero_control=Si 15 ==> 39componentes_calidad_opcF=No 54introduccion_nuevas_tics=Si 14 conf:(0.93)
```

Figura 4. Resultados de asociación obtenidos en la primera prueba.

El proceso de interpretación de estos resultados no pudo ser llevado a cabo, ya que las relaciones obtenidas carecían de información sustentable para darle coherencia. Uno de los problemas más comunes que pueden causar este tipo de discrepancias es la cantidad de variables analizadas, por lo que se decidió mantener los valores de confianza y soporte constantes, pero reduciendo paulatinamente el número de variables, descartando aquellas que no posean relevancia. En la figura 5 se puede observar el resultado final donde se procedió al análisis de 18 variables utilizando el

método a priori y con un nivel de confianza de 0,9 y de soporte de 0,5 aumentando el número de relaciones a obtener de 10 a 15.

1.	49proceso_estrategico_opcB=No 16 ==> 56tecnologias_beneficios=De acuerdo 15	conf:(0.94)
2.	21tablero_control=Si 15 ==> 54introduccion_nuevas_tics=Si 14	conf:(0.93)
3.	59tics_recomendacion=Altamente probable 14 ==> 54introduccion_nuevas_tics=Si 13	conf:(0.93)
4.	49proceso_estrategico_opcB=No 54introduccion_nuevas_tics=Si 14 ==> 56tecnologias_beneficios=De acuerdo 13	conf:(0.93)
5.	50importancia_tics_clientes=Alta 17 ==> 54introduccion_nuevas_tics=Si 15	conf:(0.88)
6.	50importancia_tics_clientes=Alta 17 ==> 56tecnologias_beneficios=De acuerdo 15	conf:(0.88)
7.	27fabricacion_bajo_pedido=Si 16 ==> 54introduccion_nuevas_tics=Si 14	conf:(0.88)
8.	49proceso_estrategico_opcB=No 16 ==> 54introduccion_nuevas_tics=Si 14	conf:(0.88)
9.	21tablero_control=Si 15 ==> 56tecnologias_beneficios=De acuerdo 13	conf:(0.87)
10.	49proceso_estrategico_opcB=No 56tecnologias_beneficios=De acuerdo 15 ==> 54introduccion_nuevas_tics=Si 13	conf:(0.87)
11.	50importancia_tics_clientes=Alta 56tecnologias_beneficios=De acuerdo 15 ==> 54introduccion_nuevas_tics=Si 13	conf:(0.87)
12.	50importancia_tics_clientes=Alta 54introduccion_nuevas_tics=Si 15 ==> 56tecnologias_beneficios=De acuerdo 13	conf:(0.87)
13.	56tecnologias_beneficios=De acuerdo 19 ==> 54introduccion_nuevas_tics=Si 16	conf:(0.84)

Figura 5. Resultados de asociación

Otra técnica incluida en la herramienta Explorer de Weka es la denominada Clustering, que permite realizar algoritmos de agrupamientos para encontrar semejanzas existentes entre las empresas que componen cada grupo.

Se realizó una primera prueba teniendo en cuenta la totalidad de los atributos seleccionados en una primera instancia donde se empleó el algoritmo de agrupación SimpleKMeans y una división porcentual cuyo valor resultó del 53%. También se aplicó una función de distancia Euclídea donde se determinó la cantidad de grupos a conformar en 4 (cuatro). En la figura 6 se puede observar un segmento de los resultados obtenidos.

Mean		

Number of iterations: 2		
Within cluster sum of squared errors: 110.8		
Missing values globally replaced with mean/mode		
Cluster centroids:		
Attribute	Full Data (12)	Cluster# (3)

Antigüedad	'(4.5-6.5)'	'(4.5-6.5)'
Empleado	Basta 70	61 50
Exportaciones	Si	Si
Participacion Mercado	50-100	50-100
Tablero_control	Si	Si
Almacén_bajo_pedido	No	No
Fabricacion_bajo_pedido	Si	No
Fabricacion_gara_inventario	Si	Si
Ensamblado_bajo_pedido	No	No
Produccion_respecto_treanace	Basta treinta y nueve	más de 40
Meatificación_cumplimiento_programas	'(-inf-1)'	'(-inf-1)'
Componentes_calidad_opcA	Puntos control de calidad	Puntos control de calidad
Componentes_calidad_opcB	No	No
Componentes_calidad_opcC	No	No
Componentes_calidad_opcD	No	Normas específicas del sector
Componentes_calidad_opcE	No	Productos certificados
Componentes_calidad_opcF	No	No
Proceso_estrategico_opcA	No	No
Proceso_estrategico_opcB	No	No
Proceso_estrategico_opcC	No	No
Importancia_tics_clientes	Diseño	Diseño
Importancia_tics_instituciones	Alta	Alta
Importancia_tics_intermedios	Media	Baja
Importancia_tics_universidades	Alta	Alta
Introduccion_nuevas_tics	Media	Baja
tecnologias_beneficios	Si	Si
De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
7tice productividad	Alta	Alta
7tice ganancias	Media	Alta
7tice costos producción	Baja	Irrelevante
7tice facilidad proceso	Alta	Alta
7tice acceso	Alta	Media
7tice costo	Alta	Alta
9tice recomendacion	Altamente probable	Altamente probable
6tice experiencia previa	De acuerdo	Podría ser
6tice_FIG	Sin uso	Frecuentemente
6tice_CAG	Frecuentemente	Frecuentemente
6tice_SAP	Frecuentemente	Frecuentemente
Clustered Instances		
0	2 (10%)	
1	8 (80%)	
2	2 (10%)	

Figura 6. Segmento de los resultados de agrupación obtenidos en la primera prueba

Los resultados obtenidos no permitieron realizar una adecuada interpretación ya que la aplicación de una división porcentual menor al 60% y el uso de todos los atributos tornan dificultosa la tarea de establecer criterios de diferenciación significativos entre los distintos clústeres que se conforman. Es por ello que se decide realizar una selección de aquellos atributos que aporten una información y que permita establecer diferencias claras entre las industrias. Para ello se emplearon así 16

atributos con una división porcentual del 60%, obteniendo los resultados que se muestran en la figura 7 y donde se destacan aquellos atributos que permiten diferenciar las diferentes agrupaciones.

kMeans					

Number of iterations: 3					
Within cluster sum of squared errors: 50.0					
Cluster centroids:					
Attribute	Full Data (13)	Cluster# 0 (6)	1 (1)	2 (2)	3 (4)
19participacion_mercado	50-100	50-100	30-50	50-100	50-100
21tablero_control	Si	Si	No	Si	Si
50importancia_tics_clientes	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
50importancia_tics_instituciones	Media	Baja	Baja	Media	Media
50importancia_tics_internetredes	Alta	Media	Media	Alta	Alta
50importancia_tics_universidades	Media	Baja	Media	Media	Media
54introduccion_nuevas_tics	Si	Si	Si	Si	Si
55tecnologias_beneficios	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo	De acuerdo
57tics_productividad	Alta	Alta	Media	Media	Media
57tics_ganancias	Alta	Alta	Baja	Alta	Media
57tics_costos_produccion	Baja	Baja	Baja	Baja	Inrelevante
57tics_facilidad_proceso	Alta	Alta	Alta	Baja	Alta
57tics_acceso	Alta	Alta	Media	Alta	Media
57tics_costo	Alta	Alta	Media	Baja	Alta
58tics_recomendacion	Altamente probable	Altamente probable	Muy posible	Altamente probable	Altamente probable
60tics_experiencia_previa	De acuerdo	Podría ser	En desacuerdo	De acuerdo	De acuerdo
Clustered Instances					
0	3 (33%)				
1	3 (33%)				
2	1 (11%)				
3	2 (22%)				

Figura 7. Resultados del proceso de agrupación

3. RESULTADOS

Mediante la aplicación del proceso de minería de datos se pueden obtener dos conjuntos de resultados, cada uno correspondiente a un método de procesamiento. Del proceso de asociación se han podido obtener resultados significativos relacionados a la aplicación de nuevas tecnologías. En primer término, se observa que las empresas que implementaron nuevas tecnologías de información y comunicación tienen como fuente de datos principal a sus clientes, lo que se observa en la pregunta número 50 del cuestionario: "Indique el grado de importancia que le asigna a cada una de las siguientes fuentes de información relacionadas a la incorporación de TIC en su empresa". A su vez estas empresas obtuvieron resultados más beneficiosos de la inversión realizada lo cual se puede explicar debido a la naturaleza competitiva del mercado regional, donde las empresas suelen poner un foco de atención especial en procesos de fidelización de clientes, que generen un impacto positivo en las ventas a largo plazo. Este punto es fundamental sobre todo para aquellas empresas cuyo proceso de fabricación se realiza bajo pedido directo del cliente y se encuentra relacionado a la pregunta número 27: "Indique cuáles son las estrategias de fabricación predominantes en la empresa" donde la comunicación es fundamental para el seguimiento del pedido y el cumplimiento de las especificaciones.

En segundo término, se concluyó que aquellas empresas que poseían de antemano un tablero de control, tal como se expresa en la pregunta número 20: "¿Utiliza Tableros de Control y/o Indicadores de Performance?", experimentaron una aplicación de las nuevas TIC mucho más útil y productiva. La información proporcionada por los indicadores permitió a las empresas adaptarse más rápidamente y con menos dificultades al cambio aprovechando las capacidades tecnológicas para generar un impacto positivo en la organización. A su vez dichos indicadores les permitieron a las empresas conocer con exactitud los resultados y costos relacionados con el proceso de implementación lo que derivó en un proceso de evaluación y adaptación mucho más preciso.

En tercer término, las empresas que implementaron nuevas TIC recomendarían su implementación. Es fundamental destacar el papel que cumplen las tecnologías de información y comunicación en los mercados globalizados contemporáneos, y es vital para el desarrollo de Rafaela y la región contar con herramientas actualizadas que les permitan desempeñar sus actividades de forma eficiente. Este rol vital desempeñado por las TIC, sobre todo aquellas relacionadas a la comunicación, toma aún más relevancia teniendo en cuenta que Rafaela es una ciudad con un elevado potencial exportador.

Del procesamiento de los datos mediante el algoritmo de agrupamiento, se han obtenido 4 agrupaciones. El grupo número 1, formado por 3 empresas que representan el 33% del total, está compuesto por las organizaciones que, si bien implementaron nuevas TIC, no poseían tablero de control o experiencia previa utilizando este tipo de programas informáticos, por lo que el proceso de

aplicación no derivó en un impacto positivo en la productividad o ventas. Los grupos número 2 y 3, conformados por una y dos empresas respectivamente, poseen características muy similares, ya que ambos invirtieron en TIC obteniendo resultados intermedios y una mayor participación de mercado que el grupo número 1. El grupo número 2 se diferencia del 3 en un mejor aprovechamiento de la tecnología, que le permitió obtener mayores ganancias. Por último, el clúster número 0 se caracteriza por haber obtenido los mejores resultados, principalmente en la mejora del rendimiento productivo de las industrias, a pesar de haber experimentado la mayor dificultad y costos a la hora de acceder a las nuevas TIC. Este grupo está compuesto también por 3 empresas.

Los resultados relevantes que se obtuvieron están, al igual que el proceso de asociación, relacionados con la aplicación de las tecnologías de información, y que beneficio o desventajas puede traerles a las empresas. Se analizó el impacto que tiene la implementación de las TIC, relacionada a la pregunta número 57: “¿Qué impacto ha tenido en la empresa la incorporación de dicha TIC? [Mejóro las ganancias de la empresa]”. Se puede observar que las empresas que incorporaron TIC afirman que sus ganancias mejoraron, ya que las inversiones realizadas impactaron de forma positiva en la productividad y las ventas.

A su vez, el nivel de productividad obtenido en el proceso de implementación de las TIC tiene un gran impacto en la participación de mercado, teniendo en cuenta la pregunta número 19: “Indique la participación en el mercado nacional de su Producto o Servicio principal”. Aplicando las distintas tecnologías disponibles hoy en día, se puede establecer una comunicación con los clientes que permite conocer sus necesidades de forma precisa y rápida para lograr niveles de satisfacción más elevados. Estas herramientas también permiten un aumento en las ventas a través del mayor reconocimiento del producto y de los valores organizacionales.

Se observó, además, que la mayoría de las empresas encuestadas aplican tablero de control, en relación con la pregunta número 20: ¿Utiliza Tableros de Control y/o Indicadores de Performance?, para obtener información actualizada y accesible y poder así cumplir con sus metas y objetivos. Las empresas que componen el clúster número 1 no utilizan tablero de control, siendo este un motivo fundamental de su baja participación de mercado y del disminuido aprovechamiento de las TIC. Es de gran importancia la utilización de este instrumento, ya que el uso de indicadores facilita el control de los resultados, midiendo de forma paralela el desarrollo de los procesos y los activos intangibles que posee la empresa, como la fidelización de los clientes, requeridos para competir en el mercado. Como conclusión, se puede establecer un ciclo virtuoso continuo, tal como se muestra en la figura 8, en donde la inversión en nuevas TIC evita la obsolescencia tecnológica y mantiene la posición en el mercado de la empresa, aumentando también su productividad y reduciendo los costos.

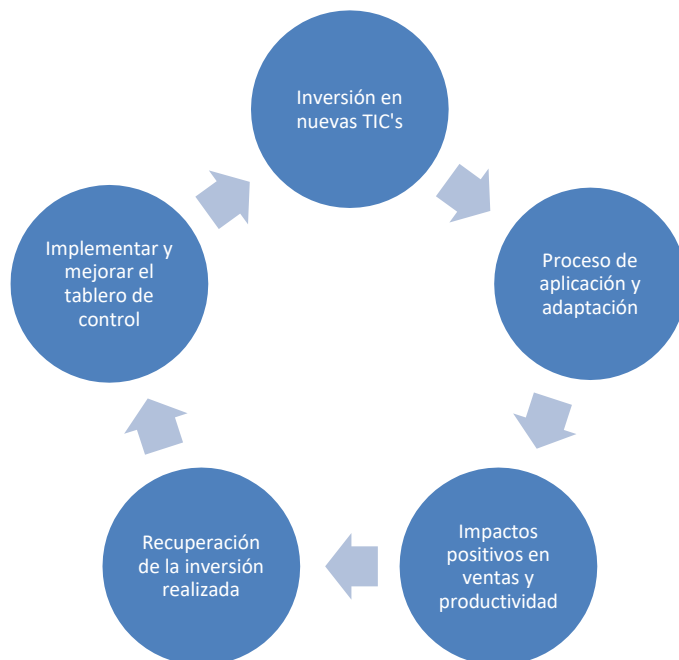


Figura 8. Ciclo virtuoso de la inversión en TIC

4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos son de gran relevancia teniendo en cuenta el panorama técnico y económico nacional e internacional. Actualmente las empresas se desarrollan en un mercado donde los últimos avances tecnológicos se transforman rápidamente en obsoletos, abriendo una brecha cada vez más grande entre aquellas organizaciones que pueden invertir para adaptarse de forma continua y aquellas que no.

En este sentido, capacitar a los empresarios sobre las virtudes y ventajas de mantener sus tecnologías de información y comunicación actualizadas es fundamental para mejorar la competitividad de la zona. Esta tarea debe ser llevada adelante por las diversas instituciones rafaelines, que deben acompañar a las empresas en estos procesos asegurándose la mejor adaptación y resultados.

En un futuro, cuando una empresa solicite asistencia en la implementación de una nueva TIC, se podrá utilizar este trabajo para enseñar información concreta sobre los beneficios y resultados esperables y que actividades previas se deberán realizar para obtener el máximo rendimiento de la inversión.

5. CONCLUSIONES

La implementación de nuevas TIC en la industria rafaeline cumple un rol fundamental en el crecimiento y desarrollo económico regional. Las empresas que ya atravesaron este proceso obtuvieron resultados positivos en diferentes aspectos organizacionales, como la productividad y las ventas, sobre todo si con antelación al proceso de implementación y adaptación poseían una estructura desarrollada con un tablero de control definido. Las industrias que no se actualizan y utilizan equipos y software obsoleto ven relegada su posición en el mercado.

6. REFERENCIAS.

- [1] R. Ascúa, (2007). *RAFAELA, 125 años construyendo una Marca Registrada en desarrollo Local*, Rafaela: Centro Comercial e Industrial de Rafaela + Municipalidad de Rafaela.
- [2] ICeDeL, Institucional | ICEDEL Rafaela, 23 junio 2017. [En línea]. Disponible: <http://icedel.rafaela.gob.ar/node/38>.
- [3] ICeDeL, (2012). *Censo Industrial Rafaela 2012*, Rafaela.
- [4] M. Oded y R. Lior, (2010). *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook*, New York: Springer.
- [5] T. Menzies y Y. Hu, (2003). "Data Mining for Busy People", IEEE Computer, p. 2.
- [6] P. J. Rousseeuw y L. Kaufman, (1990). *Finding Groups in Data: An Introduction to Clúster Analysis*, Wiley.
- [7] Universidad de Waikato, Machine Learning Group at the University of Waikato, 16 6 2017. [En línea]. Available: <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>.
- [8] N. Srečko, (2013). "Data Mining for Small Student Data Set – Knowledge Management System for Higher Education Teachers", Management, Knowledge and Learning International Conference 2013, pp. 1380-1388.
- [9] M. John, (2016). "Data Mining from a Statistical Perspective", pp. 3-7.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rafaela por brindarnos los recursos y herramientas necesarios para el desarrollo del proyecto.

Aplicabilidad del estándar ANSI/ASIS CSO.1-2013 como modelo organizacional para la gestión de riesgos y seguridad de empresas, implementada por un Ingeniero Industrial”

Piscione, José María

Ingeniero Industrial, F.I.U.B.A.
Avenida Presidente Roque Sáenz Peña 628, EP, C.A.B.A., jmpiscione@cepi.com.ar

RESUMEN: Las empresas, organizaciones públicas y privadas y asociaciones continúan experimentando entornos de riesgos de seguridad dinámicos y complejos. La gestión efectiva de estos ambientes es un requisito fundamental hoy, y continuará siéndolo. Si una evaluación integral de las áreas de riesgo justifica la necesidad de un rol específico para la función de seguridad, la asignación de esa responsabilidad a un alto nivel, con responsabilidad en la elaboración, influencia, y dirección de una estrategia de seguridad y gestión de los riesgos, garantiza una mejor estrategia de gestión integrada, con menos duplicación de esfuerzos, y una gestión de fiscalización más fuerte.

Las incumbencias técnicas y de gestión de los Ingenieros Industriales, incluyen desde las de resolución de problemas técnicos, a las de planificación, evaluación y gerenciamiento de procesos y proyectos, seguridad, riesgos y calidad, áreas de gestión multidisciplinarias a través de las cuales interactúan horizontal y verticalmente en las organizaciones, representando la gestión de los riesgos y seguridad, una importante oportunidad profesional para los años venideros a partir de diversas convergencias tecnológicas y organizacionales.

El Estándar CSO de profesional a cargo de la gestión de las distintas áreas de seguridad y los riesgos, puede servir de modelo orientador para el desarrollo de ese rol organizacional. Proporciona una estructura para evaluar y definir el papel y las aptitudes necesarias para la función de gestión de la seguridad / riesgos en una organización, y una metodología para evaluar y responder a una gama dinámica de amenazas a los activos tangibles e intangibles [21]. El objetivo del modelo de este estándar es definir las habilidades y competencias que son esenciales para la protección activa de una organización y producir respuestas costo efectivas a un entorno de amenazas dinámicas y emergentes, muchas de las cuales son parte de la formación, vocación y capacidades del ingeniero industrial.

Palabras Claves: CSO, Convergencia, cambio de paradigma

ABSTRACT: Enterprises, public and private organizations and associations continue to experience dynamic and complex security risk environments. The effective management of these environments is a fundamental requirement today, and will continue to be so. If a comprehensive assessment of the areas of risk justifies the need for a specific role for the security function, the allocation of this responsibility at a high level, with responsibility for the development, influence, and direction of a security strategy and risk management ensures a better strategy of management, with less duplication of effort, and a stronger control management.

The duties of the industrial engineers are balanced technical and managerial, and include the resolution of technical problems, planning, evaluation and management of processes and projects, safety, risk and quality, areas of multidisciplinary management through which they interact horizontally and vertically in the organizations, representing the management of the risks and security, an important professional opportunity for years to come, enhanced by various evolving technological and organizational convergences.

CSO's Standard for a professional in charge of different areas of security, safety and risk management can serve as guiding model for the development of this organizational role. Provides a framework to evaluate and define the role and the skills needed for management of the security risk function in an organization, and a methodology to assess and respond to a dynamic range of threats to the tangible and intangible assets. . This model aims to define the skills and competencies that are essential for the active protection of an organization and produce effective responses to an environment of dynamic and emerging threats, many of which are part of the training, vocation and industrial engineer capabilities.

1.- Introducción:

Se observa en las grandes empresas e instituciones argentinas una multiplicidad de Departamentos de Seguridad denominados Jefaturas o Gerencias de Seguridad: Seguridad Física; Seguridad Operativa; Seguridad Informática (y de la Información, y de las Redes) ; Seguridad Patrimonial; Seguridad del Personal, Investigación y Recupero; Continuidad y Respuesta a Emergencias; Seguridad e Higiene Laboral; Seguridad Medio Ambiental; Seguridad Logística; etc.. Tradicionalmente organizados por especialidad, cada uno de esos Departamentos de Seguridad con tareas y metodologías de trabajo similares, suelen tener una estructura con responsabilidades, recursos, equipos y costos operativos asociados. Ello implica una importante multiplicación de costos de estructura para hacer trabajos similares, consistentes en brindar el Servicio de Protección de los Activos: todos estos Departamentos de Seguridad tienen la responsabilidad de gestionar costo – efectivamente la prevención de pérdidas de bienes materiales tangibles (como lo son las instalaciones e infraestructura, los equipos, y las mercadería); de bienes intangibles (como la información, los servicios y la reputación); y de bienes mixtos (como las personas). Esta investigación procura demostrar el mayor costo y la menor seguridad de operar en la actualidad de esta manera y las ventajas para las organizaciones de integrar organizacionalmente estas responsabilidades con la adecuada autoridad, proponiendo como modelo el del estándar ANSI/ASIS de CSO (Chief Security Officer) [1], que resumimos al final.

El centro de la estrategia de todos y cada uno de esos departamentos para brindar ese servicio de protección debiera ser el mismo: realizar la gestión del riesgo de seguridad para realizar el servicio de protección de manera costo – efectiva y alineada con la estrategia de la organización. Como veremos, el perfil del profesional responsable de cada uno de estos departamentos es básicamente similar, cambiando básicamente en los conocimientos técnicos específicos de especializaciones profesionales de estos departamentos. Estos conocimientos y habilidades específicas son incorporables internamente, pero crecientemente contratables de manera tercerizada, mayormente por razones de costos, independencia de criterio y de una experticia no requerida permanentemente. El proceso de protección de activos de cada uno de estos departamentos gira en torno a soluciones conformadas por gente, tecnología y procedimientos, y a las mejoras presupuestadas para lograr nuevos o innovadores objetivos, en torno a portafolios de programas y proyectos de mejoras.

2.- Cambio de Paradigma en la Gestión de la Seguridad:

Más que un problema de seguridad, en el país subsiste un problema de muchas décadas de mala administración. Incluso en la década pasada (2007-2016) en la que Argentina tuvo, con Venezuela, los peores promedios de competitividad en la franja de ingresos medios per cápita de la región, los niveles de Crimen y Hurto siguen sin estar dentro de los 10 factores más problemáticos para hacer negocios en nuestro país de acuerdo con los informes internacionales de competitividad del World Economic Forum [2]. Argentina ha mantenido en el factor “capacidad de innovar” su reputación y buena puntuación todos estas décadas, y ha mejorado según ese mismo informe el último año 12 posiciones en competitividad - de la posición 104 en el 2016 a la 92 en el 2017-, haciéndonos pensar en las posibilidades de utilizar ese factor “capacidad de innovar” con soluciones organizacionales y técnicas, ya que en un contexto de bajo nivel de riesgos de seguridad es difícil justificar con criterio de eficacia un caso de negocios, y se requieren soluciones innovativas para resolver de la manera más costo – efectiva los requisitos de la gestión de seguridad.

Hace unos 25 años se vienen instalando en las grandes organizaciones del país sistemas integrados de seguridad (Ministerio de Economía, Banco Central, YPF y petroleras, AFIP, etc., en todo el país [3]), y recientemente en instalaciones y empresas de menor tamaño. En todos estos años de implementarlas reemplazando a anteriores sistemas insatisfactorios, hemos encontrado a pocos de los departamentos que se ocupan de la seguridad utilizando métodos confiables de determinación de riesgos con un enfoque sistémico para establecer fundamentadamente sus programas de seguridad. Frecuentemente, tanto los controles de seguridad preventivos, como los detectivos y los correctivos, estaban -y están-, pobremente concebidos. Diseñados por algunos de los departamentos que se ocupan de la seguridad, las más de las veces protegen - imperfecta y parcialmente- a las organizaciones contra los riesgos provenientes de algunos de los adversarios y peligros para los activos. Sin datos, métricas ni estudios certificados para fundamentar esos controles y proyectos, con escasos recursos de gestión y ejecución, y un reporte jerárquicamente debilitado en su dispersión en tantos departamentos de seguridad a bajo nivel organizacional, en general atendiendo solo a lo que el departamento requirente cree necesitar, quedando expuesto al resto de los riesgos. Como veremos, un atacante puede emplear ya sea medios electrónicos como físicos para ganar acceso a información, y a la inversa, medios de TI para obtener acceso a los distintos activos, por lo que las salvaguardas de las disciplinas, deben operar conjuntamente para ayudar a la organización a gerenciar el riesgo y no dejar a la organización expuesta a brechas de seguridad interrelacionadas [4].

Los responsables de seguridad en la actualidad enfrentan un universo de riesgos, peligros y amenazas, por lo que resulta útil realizar un planteo no solo de los costos, sino de la efectividad de la misión de la seguridad (capacidad de brindar el necesario servicio de protección) y aporte a la tríada Gobernancia, Riesgos y Cumplimentación (GRC) de la organización. Ese Gobierno Corporativo, sistema de reglas, buenas prácticas y procesos por los cuales una organización es dirigida y controlada, establece las normas y conductas aceptadas, y diagrama la estructura de la compañía a fin de que la misma sea gestionada de forma adecuada y transparente. También vela por los intereses de todas las partes que la conforman, desde la junta directiva y la gerencia, hasta sus accionistas y empleados. Cada vez más inversores deciden el destino de sus fondos basados en las buenas prácticas, sustentabilidad y transparencia que ofrecen las compañías. Desde una adecuada estrategia de prevención y respuesta a incidentes y accidentes, hasta el grado de atención que prestan a la seguridad informática y planes de continuidad y recuperación, incluyendo en todo su alcance la recolección de inteligencia y determinación de riesgos con los que proteger el capital humano, información clave y reputación, los interesados organizacionales exigen mejores prácticas. Los inversores a nivel global en las compañías a las que destinarán sus fondos están cada vez más enfocados en las buenas prácticas, buscando asegurarse que las compañías en las que invertirán tienen los procesos correctos y los controles adecuados. Uno de los puntos más importantes es que la junta directiva tenga las habilidades adecuadas para supervisar la organización, incluyendo la adecuada delegación de la autoridad para proteger lealmente sus activos y para asegurarse se tomen decisiones bien informadas. Como son delegaciones que no eximen de responsabilidad, un buen directorio requiere de profesionales competentes para las tareas de GRC y, aún así, controla a la gerencia cuando sea necesario, contribuye a la confección de la estrategia y la monitorea, tratando de asegurarse que la gerencia esté haciendo lo que debe para los accionistas y la comunidad.

Los incrementos de las regulaciones, de exigencias al gobierno organizacional, y los desastres causados por eventos humanos y naturales de los años recientes demuestran lo que pocos individuos, un fraude, o una inundación, por ejemplo, pueden causar en empresas e instituciones. Desbordadas manifestaciones, mafias, crimen organizado y drogas en el lugar de trabajo, en comunidades donde el desempleo y pobreza han alcanzado y mantienen niveles desesperanzadores, generan una base para la violencia. Los atentados terroristas afuera y en nuestro país nos muestran que el adversario puede ser operacionalmente sofisticado, bien financiado, y disponer de recursos globales. Las organizaciones radicalizadas prefieren objetivos “blandos” con alto impacto de shock psicológico, y en nuestro medio han sido reconocidamente “exitosas”, ya sea en lograr su objetivos y permanecer impunes, como en “tomar la calle”. Desgraciadamente, estos asuntos solo son los que más prensa tienen, y los profesionales de seguridad aún deben estar preparados para lidiar en el día a día con problemas tradicionales como hurto interno y fraude, robos, violencia en el puesto de trabajo, acoso, intentos de extorsión, protestas, desastres naturales, y cibercrímenes, todos ellos incrementados o brindando esa percepción. Tomando - por combinar sus vulnerabilidades tanto aspecto de seguridad física como de seguridad de la información- como ejemplo solamente los fraudes, tanto los corporativos, como los fraudes con tarjetas, con seguros sociales, ó en la administración pública [5], los niveles de pérdidas que ocasionan se han superado década a década [6] también en nuestro país [7], y se espera sigan creciendo por razones tanto informáticas como demográficas y culturales [8].

El cambio de paradigma hacia una gestión integrada de los riesgos de seguridad se motoriza con una creciente madurez en torno a los requerimientos para obtener una efectiva gestión de los riesgos de seguridad organizacionales y al cambio en la forma de pensar acerca de lo necesario para conducir e influir sobre gente y alta dirección. Para ello se hace claramente necesario entender profundamente el negocio en el que opera el profesional responsable de la seguridad, teniendo capacidad de gestionarse matricialmente en éste; manejarse con tecnologías y estándares, con capacidad de elaborar y presentar casos de negocios que justifiquen presupuestariamente la integración de procesos y proyectos; y muy especialmente, de diseñar e implementar las estrategias de integración y gobernancia adecuadas a la organización. Muchas décadas de elevada inflación y una mala administración pública son citados como pecados capitales por los analistas económicos internacionales. Nos han arrastrado, de ser uno de los 10 países más competitivos a estar entre los últimos, y quizá haya resultado culturalmente en capacidades de gestión miopes. Se advierten dificultades a la hora de planificar a largo plazo y de realizar las inversiones con un enfoque de sistemas para resolver los complejos problemas de las comunidades, incluyendo los de seguridad. Hace falta haber adquirido conocimientos para manejarse con esas habilidades, horizonte de planeamiento y enfoque estratégicos, y poder comprender y tener metódicamente en cuenta, - con sus respectivas probabilidades, consecuencias, y posible tratamiento -, los distintos tipos de amenazas humanas y naturales que afectan a la organización, alineando la estrategia para la gestión de los riesgos de seguridad conforme a la estrategia de la organización, innovando y optimizando recursos con una capacidad organizacionalmente holística de conducción e integración de personas, procedimientos y tecnología, como puede esperarse de los ingenieros industriales

3.- Primacía de la Gestión Estratégica del Riesgo de Seguridad:

Los responsables de seguridad en la actualidad enfrentan un universo de riesgos, peligros y amenazas, por lo que resulta útil realizar un planteo no solo de los costos, sino de la efectividad de la misión de la seguridad (capacidad de brindar el necesario servicio de protección) y aporte a la GRC (Gobernanza, Riesgos y Cumplimentación) de la organización. Los incrementos de las regulaciones y los desastres causados por eventos humanos y naturales de los años recientes demuestran lo que pocos individuos, o una inundación, por ejemplo, pueden causar en empresas e instituciones. Desbordadas manifestaciones, mafias, crimen organizado y drogas en el lugar de trabajo, en comunidades donde el desempleo y pobreza han alcanzado y mantienen niveles desesperanzadores, generan una base para la violencia. Los atentados terroristas afuera y en nuestro país nos muestran que el adversario puede ser operacionalmente sofisticado, bien financiado, y disponer de recursos globales. Las organizaciones radicalizadas prefieren objetivos “blandos” con alto impacto de shock psicológico, y en nuestro medio han sido reconocidamente “exitosas”, ya sea en lograr sus objetivos y permanecer impunes, como en “tomar la calle”. Desgraciadamente, estos asuntos solo son los que más prensa tienen, y los profesionales de seguridad aún deben estar preparados para lidiar en el día a día con problemas “tradicionales de seguridad” como hurto interno y fraude, robos, violencia en el puesto de trabajo, acoso, intentos de extorsión, protestas, desastres naturales, y ciber crímenes, todos ellos incrementados o brindando esa percepción.

La determinación de riesgos es la piedra fundacional de todas las habilidades en seguridad. Todo el resto del programa de seguridad deriva del proceso de análisis de riesgos. El proceso de selección de contramedidas, las decisiones operacionales, el despliegue de guardias, el empleo de seguridad electrónica, el desarrollo de políticas y procedimientos, entrenamiento, enlace con las autoridades locales, preparación para emergencias, y todo el resto de las actividades de los departamentos de seguridad, se deben basar en el análisis de los riesgos de seguridad, puesto que para una misma instalación o actividad resultarán adecuadas distintas contramedidas a decidirse, y la calidad de cada serie de decisiones dependerá de la calidad del análisis de riesgo realizado.

El objetivo del análisis de riesgos es el de entender los riesgos, amenazas, vulnerabilidades, criticidad y consecuencias suficientemente bien para desarrollar o mejorar contramedidas que puedan efectivamente prevenir, disuadir, detectar, demorar, determinar y detener incidentes, accidentes y errores [17]. Creyendo de manera quizá reactiva o inmadura que no se dispone del tiempo y los recursos para una determinación de riesgos profesional, muchas organizaciones basan enteramente sus programas de seguridad en las opiniones de algún individuo pretendidamente experto, pero a menudo no idóneo para un análisis de riesgo comprehensivo ni para los articulados proyectos que normalmente se requieren ante una realidad compleja. No resultan mejores los consejos para determinar y gestionar los riesgos provenientes de los atajos de consultar a contratistas o vendedores que normalmente encuentran argumentos convincentes para importantes erogaciones en los servicios o productos que proveen. Cualquier determinación de riesgos realizada por un contratista o vendedor cuyas recomendaciones incluyen requerimientos de productos o servicios que provee es, por naturaleza, inherentemente llena de conflictos de interés, y no debiera asegurarse como confiable. La realidad es que todavía es excesivamente justificada en el arte, la gestión de la seguridad, que ciertamente se beneficiaría de datos, decisiones racionales bien informadas y método científico. Muchas metodologías de determinación de riesgos aplican una serie de supuestos en lugar de análisis, y muchos responsables por la seguridad no están bien formados en la identificación, análisis, evaluación y tratamiento de los riesgos de seguridad. Como en toda otra profesión, uno solamente puede ser realmente efectivo si está sólidamente formado en los principios básicos de esa disciplina.

Todavía vemos contramedidas pobremente concebidas, ya sea protegiendo a las organizaciones de riesgos estimados para los que se carece de datos, o subestimando la necesidad de poder contar con determinada funcionalidad, calidad, o respaldo. Esa aproximación a la gestión de la seguridad con decisiones basadas en descripciones aproximadas de amenazas o basadas en apresuradas o pobremente preparados estudios de riesgo, no sería tolerable en otras unidades de negocio. Como en éstas, hoy en día es crecientemente requerido que la protección de los activos de la organización se realice conforme a una estrategia para la gestión de los riesgos de seguridad alineada con la estrategia de la organización.

4.- Convergencia de los Departamentos de Seguridad:

Organizado el Servicio de Protección en una multiplicidad de Departamentos de Seguridad, a menudo se observa no solo redundancia de recursos humanos, sino asimismo un reporte jerárquico a diferentes áreas y niveles a menudo no preparadas para comprender de la mejor manera los temas de administración de riesgos y seguridad. Las gerencias de reporte de estos departamentos de seguridad suelen recaer en ejecutivos de áreas no productivas, tales como RRHH, RRIL, Instalaciones, o Servicios

Generales con poco expertise en seguridad, incompleto manejo de la gestión de los riesgos, o dispares cualidades de gestión de negocios y liderazgo.

El modelo organizacional implementado en unidades especializadas independientes de seguridad puede conllevar descoordinación y burocracias propias de los “silos organizacionales”; que dificulten lograr una gestión costo – efectiva, multipliquen el costo de la seguridad; subutilicen recursos disponibles; desaprovechen posibilidades de las cada vez más importantes tecnologías de la información e integración de sistemas y de los encuadres de gestión integral de riesgos en seguridad, y expongan a la organización a debilidades y a brechas interdepartamentales de seguridad [4].

El centro de la estrategia de todos y cada uno de esos departamentos para brindar ese servicio de protección debiera ser el mismo: realizar la gestión del riesgo de seguridad para realizar el servicio de protección de manera costo – efectiva y alineada con la estrategia de la organización. El proceso de protección de activos de cada uno de estos departamentos gira en torno a soluciones conformadas por gente, tecnología y procedimientos, y a las mejoras presupuestadas para lograr nuevos, innovadores objetivos, en torno a portafolios de programas y proyectos de mejoras. El perfil del profesional responsable de cada uno de estos departamentos es básicamente similar, cambiando en los conocimientos técnicos específicos de las especializaciones profesionales. Estos conocimientos y habilidades específicas, incorporables internamente, son crecientemente contratados de manera tercerizada, mayormente por razones de costos, independencia de criterio y experticia no requeridos permanentemente. Esta estrategia requiere, para aumentar la seguridad disminuyendo los costos, de una gestión integradora y generalista desarrollada con criterios de negocios, técnicos y de organización.

Mientras que la mayoría de las amenazas criminales contra bienes tangibles e intangibles, resulta ser interna y no externa, el incremento de pérdidas a u\$d 47.000.000.000 en ciber ataques informados por 300 grandes empresas industriales a SANS [9], de U\$D 1.300.000.000 por fraudes a compañías británicas [10] y de u\$d 44.220.000.000 por sustracciones en retail en los EEUU [11], en 2016, son indicativos de magnitud y tendencia. Para mitigarlas, es necesario que el responsable de seguridad este en capacidad de influenciar, asesorar, ilustrar, persuadir, entusiasmar, advertir o conminar, tanto horizontal como verticalmente en la organización, a los efectos de lograr la adhesión de todas las personas a las normas para las que obtenga autorización, alineadas a la estrategia de la organización, y de proveer las herramientas técnicas y procedimientos para ello. Aún así, la mayor fuente de pérdida, a todo nivel y en todo ambiente y la mayor amenaza, no es criminal, sino asignable a una mayoría inocente: los errores de la gente relativamente honesta, dejando con ello en claro que los programas de prevención de pérdidas no pueden estar solamente enfocados en los crímenes, sino fundamentalmente deben estar centrados en las personas y sus necesidades de conducción, y más específicamente, comunicación, coordinación, motivación, supervisión, capacitación y entrenamiento. Como será cada unidad de negocio la responsable de la protección de sus propios activos, la autoridad del gerente de seguridad queda limitada a la que consiga con su influencia en ese marco de gestión, donde compite con otros departamentos por su parte del presupuesto y otros recursos necesarios para llevar adelante su misión. Mientras que su responsabilidad es la de asesorar a la organización para efectivamente prevenir, preparar y responder a todo tipo de riesgo de seguridad, adversario y peligro, su autoridad organizacional es limitada fundamentalmente a su capacidad de influir, por lo que un buen comienzo será reconocer que los mayores competidores, limitantes y obstáculos a su liderazgo serán internos.

5.- Enfoque de sistemas para definir soluciones integradas de gestión del riesgo de seguridad:

Independientemente del tipo y tamaño de una organización, un programa de seguridad eficaz y eficiente se basa en una bien pensada estrategia, no en una colección de medidas individuales que se juntan[12].

El enfoque de sistemas, evolucionado a partir de la teoría de gestión, constituye la base para el concepto de seguridad integrada y estrategias de protección de los activos organizacionales. El enfoque de sistemas implica identificar el sistema deseado, determinar cuáles son los subsistemas y cómo interactúan, establecer los objetivos, definir los detalles del entorno en el cual debe funcionar el sistema, la modelización y diseño del sistema, y finalmente su implementación

El enfoque de sistemas es una poderosa herramienta empleada en distintas situaciones de análisis en la ingeniería industrial, y constituye la base para el concepto de identificación y gestión de los riesgos, seguridad integrada y estrategias de protección. Esto es de la mayor utilidad ya que a veces las personas encuentran difícil recordar que cualquier especialización en seguridad, lo es en solo un elemento de una estrategia global de protección ya sea que el objetivo (activo) a proteger sea una instalación, campus, comunidad, proyecto, persona, objeto físico, otro tipo de propiedad (como dinero), o un intangible, tales como información, reputación, o buena voluntad laboral o de la comunidad.

5.1. La estrategia de Seguridad Física (y sus componentes), se integra con disciplinas tales como las siguientes:

- Seguridad del personal
- Seguridad TI
- Protección de la Información [22]
- Investigaciones
- Entrenamiento y sensibilización
- Protección Ejecutiva
- Seguridad de Productos, alimentaria, etc.
- Prevención del crimen
- Seguridad en la cadena de suministro

5.1.1. Y por otro lado, *si de sistemas integrados de seguridad empresarial se trata*, se integrará con disciplinas tales como la administración de recursos, automatización, sistemas de edificios, etc., etc.

5.2.- Integración del Riesgo de Seguridad de la Organización

Un más amplio aspecto de la protección integrada de activos llega en el nivel de la organización entera y con el concepto de gestión de todos los riesgos de seguridad. En este nivel, todas las funciones y disciplinas relevantes están mezcladas -junto con la seguridad- para centrarse en los activos clave y en una estrategia muy completa para protegerlos. Esencialmente, uno integra componentes individuales en un paquete de sistemas electrónicos de seguridad, los cuales se integran a un paquete de seguridad física, lo cual se combina con un programa global de seguridad, que luego pasa a formar parte de un dominio de gestión de riesgo de la organización entera (la de todos los riesgos de seguridad).

Este dominio incluye diversas funciones y actividades, tales como las siguientes:

- Estrategia legal y gestión de responsabilidades
- Gestión de emergencias y Continuidad del negocio
- Infraestructura de edificios, automatización y administración de recursos
- Salud y seguridad ocupacional
- Relaciones públicas
- Inteligencia competitiva
- Seguros e indemnización
- Protección de Activos tangibles e intangibles

Existen varias razones para ocuparse de un dominio de este alcance:

Primero: en un gran número de organizaciones el departamento de seguridad se ocupa de riesgos que caen fuera del ámbito típico de la seguridad. Ya se trate de gestión de la reputación, mitigación de la responsabilidad legal, logística, preparación pandémica, o de algo más, a menudo seguridad es llamada a desempeñar un rol. Y ello podemos verificarlo de los alcances del Estándar CSO adjunto.

Segundo: por lo general se encuentra involucrado algún aspecto de más de un área disciplinaria de la seguridad. Por lo tanto, tiene sentido para los profesionales de la seguridad, familiarizarse con el concepto de gestión de los riesgos de seguridad empresariales e incorporar el concepto en su planificación y procesos. Por ejemplo, el director de seguridad de una institución financiera debe estar informado de las responsabilidades legales asociadas a los robos en o cerca de cajeros y crear un programa para reducir los riesgos.

Tercera razón para ocuparse de los riesgos de seguridad empresariales es que, por lo general, los mismos profesionales de seguridad, física, por ejemplo, desempeñan un rol en todo tipo de incidentes, ya sea directamente en su ámbito de competencia o no. Por ejemplo, la seguridad puede verse involucrada en una emergencia médica, una falla estructural de un edificio, un incidente con materiales peligrosos, un evento de contaminación de productos, la propagación de una enfermedad infecciosa en un centro de salud, o para apoyar una investigación criminal o civil. Todos estos incidentes representan alguna forma de riesgo para la organización y suelen justificar (o esperar) una respuesta por parte de los profesionales de seguridad.

Cuarta razón, consiste en que cada una de esas especialidades en seguridad emplea similares herramientas para la identificación y gestión de los riesgos, tarea fundamental para los profesionales de seguridad. La organización debiera antes que gestionar Todos Los Riesgos de cada especialidad de seguridad, integrarlos antes de acometer proyectos, a los efectos de evitar brechas de seguridad interrelacionadas [4]. En efecto y por ejemplo, un atacante puede emplear ya sea medios electrónicos como físicos para ganar acceso a información, y a la inversa, medios de TI para obtener acceso a los

distintos activos , por lo que las salvaguardas de las disciplinas, deben operar conjuntamente para ayudar a la organización a gerenciar el riesgo.

Otra manera de pensar la integración a nivel empresa es tener una visión global, investigando comparativamente lo que se está haciendo a ese nivel en distintas comunidades del planeta. La adopción de esta forma de pensar es crucial para los profesionales de seguridad en este cada vez más conectado mundo en el que el ritmo de casi todo se está volviendo más rápido, haciendo necesaria la capacidad de adaptar las ideas y desarrollos más adecuados a nuestra realidad. Así por ejemplo, una planificación de seguridad integral para ciudades de la Argentina se beneficiaría de utilizar un enfoque multidisciplinario con visión global para la formulación de estrategias de protección:

La revisión de estándares internacionales, tales como el de CSO, permite dar entrada a los conceptos y criterios que fundamentan su empleo y a la propuesta del título de esta presentación. Si consideramos la definición de la ISO 31000 de Riesgo (Riesgo: Incertidumbre en el logro de los objetivos [20]), la consulta de estándares aplicables, como el de CSO, puede dar respuesta con menores niveles de incertidumbre a preguntas tales como “¿Qué tipo de profesional debemos buscar para gestionar los riesgos de seguridad de la organización?”

Los sistemas integrados pueden ampliar el alcance del personal de seguridad extendiendo los ojos, oídos y las voces del oficial de consola a las áreas de riesgo o perímetros de las organizaciones. Cuanto mejor sea la integración del sistema, mejor será la capacidad de la organización de usar su fuerza de seguridad. Pero el elemento humano es fundamental, y la misión del gerente de integrar los recursos demanda profesionales al nivel de competencias del sistema integrado.

Los elementos de los sistemas de integración convergentes –desde las analíticas de video, la evaluación comparativa multidisciplinaria, los sistemas de gestión de incidentes automatizados, hasta los PSIM para la gestión de los riesgos de seguridad de las organizaciones-, realmente representan una tremenda oportunidad de mejorar la protección de activos ahora y a futuro. Hasta tal punto se vislumbra este futuro motorizado por la tecnología, que un cambio de paradigma que se avizora en la práctica de la seguridad en el futuro es Tecnológico – Céntrico, reemplazando al tradicional y vigente sistema basado en Gente – Tecnología - Procedimientos. En ese futuro, desde el panorama de una continuada adaptación y convergencia al protocolo IP, se amplían los usos actuales de la inteligencia artificial, realidad virtual, realidad aumentada, internet de las cosas, big data, crowd sourcing, de un modo particularmente apto a la seguridad mediante los dispositivos móviles y “vestibles” como lentes y relojes inteligentes, drones y robots, pasando la tecnología a ocupar el centro de los sistemas integrados, como multiplicador de las fuerzas de las personas y procedimientos [14] .

5.3.- Los sistemas integrados basados en el riesgo de seguridad de la organización prometen más beneficios aun que los de seguridad convergente. Los requerimientos y roles para un Responsable de Seguridad (CSO) en organizaciones de creciente nivel de madurez en la gestión de la seguridad, y de exigencia en lo que hace a responsabilidades de Gobernanza, Riesgos y Cumplimiento que sugiere una protección sistémica, están bien alineados con competencias de los ingenieros industriales con conocimientos y experiencia en alguna área de la seguridad, y más aún en crecientes niveles de integración.

6.- Beneficios de la Integración de Sistemas:

Uno de los imperativos para asignar un responsable idóneo a la tarea de gestión de los riesgos de seguridad empresariales, es el beneficio estratégico que puede obtener una organización de la integración de sistemas; fundamentalmente de tipo operacional y económico-financiero:

6.1. Beneficios Operativos:

- Aplicación uniforme de las políticas de seguridad.
- Multiplicador de la fuerza, capacidad de detección y de reacción de los oficiales de seguridad.
- Capacidad de atender a múltiples unidades de negocios en múltiples edificios en múltiples sitios
- Mejor performance de comando y control de sistemas complejos
- Monitoreo mejorado
- Comunicaciones mejoradas
- Mayor Seguridad (menor posibilidad de agujeros, filtraciones y errores de sistema).
- Escalabilidad, Confiabilidad, & Alta disponibilidad.
- Entrenamiento reducido

6.2. Beneficios Financieros:

- Incremento de la eficiencia laboral: menos consolas, menos operadores, monitoreo redundante.
- Menor costo de mantenimiento
- Mayor longevidad del sistema
- Menor costo total de la propiedad, mayor retorno sobre la inversión, productividad maximizada, y rentabilidad maximizada.

Esa perspectiva ampliada de sistema integrado puede tener aún más sentido a la luz de la cita de Peter Drucker: “El enfoque de sistemas también aumenta enormemente el poder de la tecnología...pero hay muchas otras áreas donde es probable que el enfoque de sistemas tenga un impacto más profundo” [15]

Como advierte la asociación de profesionales de la seguridad ASIS International: La seguridad es más fácil de enseñar que la gestión; para dirigirla es preferible un profesional versado en prácticas de negocios. Una mirada al gerenciador adecuado de estos sistemas integrados en sus distintos niveles orienta a profesionales con capacidad de gestión, con competencias tecnológicas y en relacionamiento humano.

7.- Resumen del estándar ANSI/ASIS CSO.1- 2013. [16]

7.1.- ALCANCE: El estándar ANSI/ASIS CSO.1- 2013 es aplicable a las organizaciones del sector privado, público y sin fines de lucro. Proporciona una estructura para evaluar y definir el papel y las aptitudes necesarias para la función de gestión de la seguridad / riesgos en una organización, y una metodología para evaluar y responder a una gama dinámica de amenazas a los activos tangibles e intangibles, tanto en una base nacional como mundial.

7.2.- RESUMEN: El estándar de CSO está diseñado como una guía de organización para el desarrollo e implementación de un marco de seguridad estratégica. La estructura en este modelo está caracterizada por la adecuada concienciación, prevención, preparación, y a las necesarias respuestas a los cambios en las condiciones de amenaza.

7.3.- PROPOSITO: Esta norma es un modelo para las organizaciones para utilizar en el desarrollo de una función de liderazgo ejecutivo a fin de proporcionar una estrategia global, integrada y coherente de gestión de la seguridad y riesgo, para contribuir a la viabilidad y el éxito de la organización. Este modelo se refiere a esta función de liderazgo como el ejecutivo senior de seguridad. Algunas organizaciones designan este rol como el del Responsable Principal de Seguridad (CSO: Chief Security Officer).

7.4.- VISION DE CONJUNTO: Las empresas, organizaciones públicas y privadas y asociaciones continúan experimentando entornos de riesgos de seguridad dinámicos y complejos. La gestión efectiva de estos ambientes es un requisito fundamental hoy, y continuará siéndolo. Los consejos de administración, accionistas, partes interesadas y el público, todos esperan que las organizaciones y agencias gubernamentales anticipen peligros y amenazas, administren las áreas de riesgo, y pongan en marcha una estrategia global y coherente en todas las líneas funcionales. Además, se espera que el liderazgo de una organización responda rápida y eficazmente a acontecimientos e incidentes que ponen en peligro activos y operaciones organizacionales. Por lo tanto, una estrategia proactiva para la mitigación de la seguridad y los riesgos apoya a organizaciones sostenibles, saludables y productivas, y es una responsabilidad fundamental de la alta dirección y juntas de gobierno.

El objetivo de este modelo es definir las habilidades y competencias que son esenciales para la protección activa de una organización y producir respuestas eficaces a un entorno de amenazas dinámicas y emergentes. El liderazgo efectivo en todos los niveles de una organización, especialmente dentro de sus funciones de seguridad, es imprescindible. La reputación de la organización y de la marca, la fiabilidad ininterrumpida de la infraestructura técnica y los procesos normales de trabajo, la protección de los activos físicos y financieros, la pérdida o divulgación de la propiedad intelectual y los secretos comerciales, la seguridad de los empleados y clientes, y la preservación de la confianza de los accionistas, depende en gran medida de la eficacia de un ejecutivo sénior responsable y que pueda justificar acciones.

La complejidad de los entornos de riesgo crea una matriz diversa de amenazas, vulnerabilidades e impactos interrelacionados, por lo tanto, las salvaguardas contra estos riesgos son interdependientes en todos los niveles. Un modelo de éxito para las organizaciones es tener un único punto designado para la rendición de cuentas a nivel de dirección de alto nivel con responsabilidad en la elaboración, influencia, y dirección de una estrategia de seguridad y gestión de los riesgos en toda la organización. En estas

organizaciones, la responsabilidad está claramente definida y es compatible con los imperativos de conducta. La capacidad de influir en la estrategia y dirección de los asuntos ante exposiciones de riesgo internos y externos requiere un papel de liderazgo.

7.5.- RELACION DE REPORTE: Se recomienda enfáticamente que la posición de CSO informe a un ejecutivo clave de alto nivel en la organización a fin de asegurar una fuerte relación con los órganos de dirección designados, como el Consejo Directivo y sus comités operativos, o en las agencias públicas de gobierno, comités de vigilancia, ó juntas. Esta alineación dentro de la jerarquía de la organización debiera señalar el compromiso ejecutivo, apoyo e importancia de esa función.

7.6.- MODELO FUNCIONAL: El Cuadro A del Anexo ilustra el alcance del programa de seguridad y riesgos, incluidas las áreas funcionales de responsabilidad, procesos clave, y discusión de los elementos de trabajo que se deben encontrar dentro de una organización. No pretende ser un mapa de ruta completo para todos los programas e iniciativas dentro de un determinado proceso, ya que estos deben ser personalizados y, naturalmente, varían según diversos requisitos geográficos, políticos, culturales, sector industrial, legales y de otra índole.

El liderazgo de la organización debe establecer claramente la responsabilidad estratégica, y ejercer influencia efectiva en las actividades de seguridad y mitigación de riesgos de la organización, con el fin de lograr las metas y objetivos de la misma. La gobernanza puede adoptar la forma de un único Consejo de Administración Empresarial de Riesgos; comités de riesgo separados para abordar áreas clave de riesgo o procesos; responsabilidad de gestión y presupuestaria actual, y / o diversas combinaciones para mejor alinearse a las estructuras organizativas y adaptarse a su evolución. La cultura única de cada organización, su modelo de negocio, propósito público, y / o necesidades, deben guiar las decisiones específicas que establecen la mejor estructura. Este modelo está destinado a ayudar a cualquier organización que considere su mejor enfoque del tema y a ofrecer orientación sobre la ubicación del rol, habilidades y competencias necesarias dentro de la organización.

Aunque se pueden tomar muchos enfoques diferentes para alinear el rol dentro de la cultura de una organización, para ayudar en la comprensión y facilitar el diseño e implementación, este modelo presenta un marco representativo (véase el Cuadro A) y Descripción del Puesto (véase el Anexo Descripción del Puesto).

7.7.- RESPONSABILIDADES CLAVE: El ejecutivo sénior de seguridad debe ser un socio pleno en la infraestructura de gobernanza de la organización. Si una evaluación integral de las áreas de riesgo (véase el Cuadro A del Anexo) justifica la necesidad de un rol específico para la función de seguridad, la asignación de esa responsabilidad a un alto nivel garantiza una mejor estrategia de seguridad integrada y gestión del riesgo global, con menos duplicación de esfuerzos, y una gestión de fiscalización más fuerte.

Como la responsabilidad primaria por la protección de la organización y por su rendición de cuentas, debe residir en el líder de cada unidad operativa, - con la función de seguridad de la organización correspondiente que establezca la evaluación de riesgos, la política, e infraestructura de apoyo a esos líderes-, una responsabilidad fundamental para el desarrollo eficaz de programas y políticas es la gestión de relaciones positivas de trabajo entre las partes interesadas y grupos de clientes.

El ejecutivo sénior de seguridad debe ser reconocido como la autoridad de la organización en materia de temas de seguridad y riesgo. No se espera que tenga experiencia en todos los ámbitos, sin embargo, son de suma importancia las competencias individuales que favorezcan el apalancamiento de la gestión, con las experiencias y conocimientos prácticos avanzados de gestión de seguridad y riesgo contemporáneo, protocolos y aplicaciones.

Un modelo efectivo es un híbrido que toma en consideración el talento combinado del liderazgo de un ejecutivo sénior de seguridad, la habilidad para juzgar correctamente y tomar buenas decisiones de negocios (resultante de sus antecedentes en los negocios o de una función de gobernanza), y la experticia en la gestión de la seguridad y los riesgos. El liderazgo de un programa de seguridad de múltiples facetas requiere un conocimiento generalista, incluyendo relevantes antecedentes de desempeño profesional a nivel superior dentro de una empresa, en la función de gobernanza, o en algún elemento de la misión de seguridad. Se debe dar especial consideración a estos atributos y habilidades o a una combinación de los mismos en la selección del ejecutivo alto nivel de seguridad. En última instancia, el ingenio de la persona, sus credenciales y su credibilidad en la organización, y su visión para elaborar una integrada estrategia de mitigación del riesgo de múltiples facetas, dependen de la capacidad del individuo para comprender, valorar y articular los diversos riesgos y amenazas que enfrenta una organización en el contexto del impacto organizacional.

7.7.1.- Son Factores Principales de Éxito las Capacidades de:

- ✓ Construir ventajas competitivas sostenibles a través de soluciones de seguridad pragmáticas, innovadoras, y centradas en los negocios.
- ✓ Mantener integridad y principios bajo presiones internas y externas.
- ✓ Demostrar habilidades de alto nivel de análisis, experiencia de gestión y relaciones interpersonales.
- ✓ Demostrar experiencia de calidad en planificación estratégica y desarrollo de políticas a nivel sénior.
- ✓ Demostrar habilidad de anticipar, investigar, influenciar [19] y ayudar a la organización en su capacidad para evaluar y adaptarse rápidamente a condiciones cambiantes y tendencias de importancia (multifuncionales, tanto internas como externas) a la luz de la orientación general.
- ✓ Demostrar efectividad en el desarrollo, comunicación, y ejecución de cursos recomendados de acción para respuestas innovadoras, orientadas a los negocios.
- ✓ Demostrar compromiso con la excelencia y una orientación demostrable hacia el desarrollo exitoso del personal.
- ✓ Establecer y aplicar criterios de medición de desempeño y evaluar los resultados.

7.7.2.- Capacidades requeridas para la función CSO:

- ✓ Capacidad de Desarrollar una Estrategia de Seguridad y Gestión de Riesgos
- ✓ Capacidad de Recopilación de Información y Evaluación de Riesgos
- ✓ Capacidad de Preparación Organizacional
- ✓ Capacidad de Asegurar el Capital Humano, Activos Básicos, Información y Reputación
- ✓ Capacidad de Prevenir Incidentes
- ✓ Capacidad de Gestión, Respuesta y Recuperación ante Incidentes
- ✓ Capacidad de Relación con Inversores, Asuntos Públicos y Relaciones Gubernamentales

7.8.- COMPETENCIAS CLAVE: El ejecutivo sénior de seguridad debe ser más estratégico que táctico. Se requiere un alto grado de integridad, ética, responsabilidad y dedicación, así como capacidad de facilitar con calma la resolución adecuada de las situaciones éticas, de riesgo y de crisis. Es un requisito clave de la posición la capacidad de programar y analizar, comprender y explicar de manera integral el valor de las iniciativas de seguridad y gestión de riesgos a los colegas de la alta dirección y los miembros del consejo. Mientras que las habilidades técnicas relacionadas son importantes, el énfasis del rol estará en lo estratégico, el posicionamiento organizacional, los negocios y las habilidades interpersonales. Las Listas del Anexo B y C contienen los principales atributos asociados con efectivos ejecutivos sénior de seguridad

7.9.- EXPERIENCIA: El ejecutivo sénior de seguridad habrá de servir como un asesor de confianza de los liderazgos de las unidades de negocios, para la alta gerencia y la Dirección, y debe tener una amplitud y diversidad de experiencias en consonancia con las exigencias de la situación y las exposiciones de seguridad y riesgos de la organización. La función requiere que el individuo tenga capacidad demostrada, conocimiento y la experiencia para articular, evaluar y poner en práctica estrategias de seguridad y gestión de los riesgos en el contexto del objetivo principal y la cultura de la organización. El individuo debe tener un historial de éxito en un rol de liderazgo con capacidad demostrada para colaborar, liderar equipos y desarrollar asociaciones. Dependiendo del perfil y la visión de la organización, este individuo puede servir como un arquitecto para el programa de seguridad o agente de cambio que asegure el cumplimiento de las mejores prácticas. También puede requerirse la demostración exitosa de capacidad y experiencia en varios idiomas.

7.10.- EDUCACIÓN: Se trata de un puesto para el que se requiere de liderazgo ejecutivo. Al igual que con otros puestos de alto rango, existen expectativas significativas de los niveles de educación y experiencia del solicitante. La educación y grados avanzados deben ser altamente valorados, y reflejan conocimientos que probablemente aumentan el valor de la persona a través de muchos entornos. Los beneficios de las credenciales educativas idealmente deben alinearse con la cultura y misión de la organización.

Dada la naturaleza dinámica de la gobernanza de la seguridad, es deseable el énfasis en el aprendizaje permanente y desarrollo profesional continuo. Las iniciativas pueden incluir programas académicos resultantes en grados o certificados avanzados, así como el entrenamiento especializado, el aprendizaje entre pares y la acreditación de las certificaciones pertinentes.

7.11.- Anexo A. - Perfil de la Ejecución de la Función:

Principales Áreas de Riesgo para la Viabilidad y Supervivencia de una Organización			
CUMPLIMENTACIÓN	OPERACIONES	FINANZAS	ESTRATEGIA
REPUTACIÓN			
Elementos Clave del Proceso de Riesgo			
Gobernanza		Inteligencia de Riesgos	
Capital Humano		Protección de Marca	
Información		Cadena de Suministro y Logística	
Activos Financieros		Canales y Mercados	
Activos Físicos		Resiliencia y Continuidad de Operaciones	
Competencias y Características del Líder Ejecutivo			
Ética y Valores	Conocimiento de Negocios		Integridad y Confianza
Interacción con la Alta Dirección	Agilidad Estratégica		Comunicaciones Escritas
Enfoque en el Cliente	Calidad de las Decisiones		Manejo de la Ambigüedad
Agilidad Organizacional	Construcción de equipos efectivos		Gestión de Visión y Propósitos
Habilidades de Presentación	Coraje Gerencial		Motivador
Solución de Problemas	Inteligencia Emocional		Destreza Interpersonal
Escuchar	Destreza Política		Desarrollo Directo de Informes y Otros.

7.12.- Anexo B.- Resumen de Habilidades Requeridas por el CSO:

Resumen de Habilidades Requeridas	
Líder de Relaciones	Desarrolla, influencia y nutre relaciones de confianza con líderes de unidades de negocios, funcionarios gubernamentales y organizaciones profesionales. Actúa como un consultor para todos los clientes de la organización.
Gestión Ejecutiva y Liderazgo	Construye, motiva y dirige un equipo profesional en sintonía con la cultura organizacional, que responda a las necesidades del negocio, y comprometido con la integridad y la excelencia.
Experto en Seguridad y Riesgos	Proporciona o supervisa la provisión de conocimientos técnicos necesarios para el conocimiento del riesgo, la seguridad y la entrega rentable de soluciones de mitigación.
Miembro del Equipo de Gobernanza	Proporciona liderazgo y apoyo activo al equipo de gobierno de la organización para asegurar que los riesgos se dan a conocer a la alta gerencia y grupos de control y supervisión de alto nivel.
Ejecutivo de Riesgos	Identifica, analiza y comunica sobre los riesgos del negocio y de seguridad para la organización.
Estratega	Desarrolla un perfil de riesgo global de la organización, en colaboración con las principales partes interesadas, junto con estrategias para ayudar a la organización en la gestión y mitigación de los riesgos actuales y emergentes.
Resolución Creativa de Problemas	Ayuda a la competitividad y añade valor al contribuir, en tiempo real, al pensamiento y las soluciones que permiten a la organización "prevenir" que se produzcan interrupciones y minimizar los daños cuando en efecto ocurren. Participa en los procesos de negocio para mitigar el riesgo y es un agente de cambio positivo en favor de la protección de la organización.

7.13.- Anexo C.- Listado de Atributos Asociados c/ Ejecutivos Sénior de Seguridad Efectivos:

PERSONAL e INTERPERSONAL	
Inspirar a otros	* Crear equipos eficaces * Visión General * Motivar a Otros
Actuar con Honor y Carácter	* Ética y Valores * Integridad y Crédito
Ser Abierto y Receptivo	* Inteligencia Emocional
POSICIONAMIENTO ORGANIZACIONAL	
Tener Destreza Organizacional	* Agilidad Organizacional
Tener Comunicación Efectiva	* Comunicaciones escritas
ESTRATEGICO	
Tomar Decisiones Complejas	* Resolver Problemas
Creación de Soluciones Nuevas y Diferentes	* Agilidad Estratégica

8.- Conclusión:

Es posible reducir el costo de estructura organizacional de la multiplicidad de departamentos que se ocupan de distintas áreas de la seguridad y mejorar la protección física de activos tangibles e intangibles, y su relación con el empleo e integración de tecnologías aplicables, a través del empleo del estándar aplicable CSO de Director de Seguridad. Las incumbencias, conocimientos y competencias de los ingenieros industriales se alinean con los requerimientos de gestión de una seguridad unificada, así como con los de una gestión integrada de los riesgos de seguridad. Las competencias requeridas incluyen entre otros aspectos, los de seguridad, planificación, evaluación y gerenciamiento de proyectos, riesgos y calidad, áreas de gestión a través de las cuales se interactúa horizontal y verticalmente en las organizaciones, representando los roles ejecutivos en seguridad una importante oportunidad profesional para Ingenieros Industriales en los años venideros a partir de diversas convergencias tecnológicas y organizacionales, en particular de la estratégica tendencia a la integración de la gestión de los riesgos de seguridad empresariales. Gestionando el factor humano necesario para abordar organizacionalmente el paradigma de estas convergencias, se logra y se logrará mucho más aún, una seguridad más costo – efectiva. El Estándar de profesional a cargo de la gestión de las distintas áreas de seguridad y los riesgos ANSI/ASIS CSO.1- 2013 resumido, puede servir de modelo orientador para el desarrollo de ese rol organizacional, máxime en el entorno de crecientes exigencias de Gobernancia, gestión de Riesgos y Cumplimentación. Esta presentación explica el interés del estándar CSO para Ingenieros Industriales. La integración de las múltiples organizaciones de seguridad en grandes empresas e instituciones resulta una alternativa estratégica viable para tener mejor seguridad con menor costo. La gestión integrada de los riesgos de seguridad y fusión de departamentos de seguridad es una tendencia en el corto y mediano plazo, y puede resultar un criterio extrapolable para aumentar la productividad y eficacia de los servicios de protección de activos tangibles e intangibles de instituciones y clientes similares, y para organizaciones menores.

9.- BIBLIOGRAFÍA:

- [1]. Estándar Chief Security Officer: an Organizational Model. ANSI/ASIS CSO.1-2013.
- [2]. The Global Competitiveness Report 2017-2018, World Economic Forum
- [3]. Revistas Criterios de Seguridad, Buenos Aires, Argentina, 1992-1996
- [4] AERSM The Convergence of Physical and Information Security in the Context of Enterprise Risk Management, Deloitte, Noviembre 2007. Recuperado el 22/10/2017 de <http://ddata.over-blog.com/xxxyyy/0/32/13/25/aesrm-convergence-in-erm.pdf>
- [6] <http://www.eleconomista.com.ar/2017-03-los-fraudes-corporativos-siguen-creciendo/>
- [7] <http://www.sinmordaza.com/noticia/349001-fraudes-corporativos-como-se-posiciona-argentina.html>
- [8] <https://mba.americaeconomia.com/articulos/reportajes/fraudes-corporativos-problema-millennials>
- [9] SANS 2016 State of ICS Security Survey, 2016, <http://www.belden.com/blog/industrialsecurity/ics-security-highlights-of-the-sans-2016-survey.cfm>
- [10] Fraud Barometer, KPMG, 2016 <https://home.kpmg.com/uk/en/home/insights/2015/12>
- [11] Total Retail Loss report, Retail Industry Leaders Association, 2016
- [12] Protection of Assets Manual, Editor ASIS International, Volúmenes correspondientes a:
 1. Security Management, 2012 update, 215 páginas.
 2. Physical Security, 2011 update, 251 páginas.
- [13] Smart City Expo Buenos Aires del 27 al 30 de septiembre 2017 (smartcityexpobuenosaires.com).
- [14] Security in 2025, Fennelly, 2017, pags. 151-155, ASIS International .
- [15] Drucker, 1970, pags.70-72, Technology, Management and Society, New York, NY; Harper & Row.
- [16] Interpretación traducida, resumida del Estándar ANSI/ASIS CSO.1-2013, realizada a los efectos de la preparación de la Conferencia Académica “Convergencia CSO”, en Segurinfo, coordinada por el suscrito y en la que expusieran los CSO Lic. Loza del Santander Río, Ing. Héctor Grynberg de Time Warner, Lic. Daniel Marino de Sancor Seguros, Andrés Ciappesoni de Abitab y el CCO de Axialent Ing. Ricardo Gil “Convergencia del CISO y CSO: Perfil del Puesto y Panel de Chief Security Officers”, recuperado diciembre 2014 de la presentación en Segurinfo 2014 Sala Telefónica 16:00 hrs http://archivos.usuaria.org.ar/segurinfo2014/argentina/agenda_segarg14.html
- [17] Risk Analysis and the Security Survey, 4thEd 2012, JamesF.Broder, CPP and Eugene Tucker. Editor Butterworth-Heinemann, 371 páginas.
- [18] Implementing Physical Protection Systems: A Practical Guide, 2nd Edition 2013 David G. Patterson, CPP, PSP. Editor ASIS International, 197 páginas.
- [20] Estándar ISO 31000:2009 Gestión de Riesgos. Principios y Guías.
- [21] Estándar de Protección Física de Activos ANSI/ASIS PAP.1-2012.
- [22] Estándar de Seguridad de la Información ISO/IEC 27001:2013
- [23] Enterprise Security Risk Management, a Benchmarking Survey and White Paper, ASIS International Roundtable, April 2010, recuperado Agosto 2015 de <https://www.rims.org/resources/ERM/Documents/Enterprise%20Security%20Risk%20Management.pdf>
- [24] Estándar Risk Assessment ANSI/ASIS/RIMS RA.1- 2015.

Análisis sobre la valoración salarial de los Ingenieros en la Argentina

Ponzo, Mariano Gabriel

*Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires
marianogabrielponzo@gmail.com*

RESUMEN.

El presente trabajo estudia que tan altas son las remuneraciones percibidas por los ingenieros en la Argentina. Se analiza su sueldo promedio en nuestro país y se lo compara con el de otros países. Asimismo se coteja dicho sueldo con el de otras actividades en Argentina.

Se distingue que en la mayoría de los países para la determinación de los salarios se da un comportamiento similar al del libre mercado fundamentado en las teorías clásicas.

A pesar de esto, se observa que el sueldo pagado a los ingenieros argentinos es bajo en función de la poca disponibilidad de profesionales existentes. Se estimó que el sueldo promedio del ingeniero en Argentina en el 2016 era de aproximadamente 30.000 pesos brutos mensuales, mientras que según las condiciones de mercado estudiadas dicha cifra debería superar los 70.000 pesos.

Se concluye que hay una pérdida relativa del status del ingeniero en la escala salarial argentina y que una de las causas es el efecto inflacionario prolongado que obliga a renegociaciones salariales permanentes. En dichas situaciones se contraponen las conquistas obtenidas por otros trabajadores que negocian sus condiciones laborales de manera colectiva, con las de una profesión que tiene escaso poder de negociación.

Palabras Claves: sueldo, ingenieros, Argentina, poder de negociación, inflación.

ABSTRACT.

This essay studies how high are the remunerations perceived by the engineers in Argentina. It analyzes their average salary in our country and compares it with the ones in other countries. This salary is also compared with the ones of other activities in Argentina.

It is important to highlight that in most of the countries the determination of the salaries is done according to the classic theories of free market.

However, it is observed that the salary paid to the Argentine engineers is low according to the little availability of professionals. It was estimated that the average gross salary of the engineer in Argentina in 2016 was approximately 30,000 AR\$ per month, while in obedience to the market conditions studied it should have exceed 70,000AR\$.

The investigation shows that there is a relative loss of the status of the engineer in the Argentine salary scale and one of the causes is the sustained inflationary period that forces permanent wage renegotiations. While engineers have little bargaining power, other workers obtain better salaries because they negotiate their working conditions in a collective way.

Keywords: salary, engineers, Argentina, bargaining power, inflation.

1. INTRODUCCIÓN.

Es un comentario ampliamente difundido por los medios de comunicación argentinos la baja cantidad de ingenieros que egresan de acuerdo a las necesidades del país, pese a los altos sueldos que se pagan.

Sin embargo, considerando la escasa cantidad de profesionales en nuestro país, que la carrera exige un alto grado de capacitación y una importante responsabilidad civil en su ejercicio ¿está realmente bien remunerada?

Además el presente trabajo busca determinar ¿por qué un ingeniero cobra lo que cobra?

En los siguientes dos capítulos se expone una comparación entre los salarios percibidos por los ingenieros en distintos países y se verifica si la teoría de los economistas clásicos de oferta y demanda los explican.

Luego se plantean algunos factores a considerar en el mercado de trabajo y cuáles pueden ser los motivos que hacen diferir las remuneraciones percibidas en las distintas actividades.

2. COMPARACIÓN DEL SUELDO DEL INGENIERO EN DISTINTOS PAÍSES.

Se realizó una comparativa de los sueldos en el rubro ingeniería en distintos países. A fin de excluir la diferencia entre la calidad de vida y por ende, poder adquisitivo, se referencia los mismos como relaciones respecto del salario medio de dicho país. En cierto modo estableciendo una valoración económica del status de los ingenieros dentro de cada sociedad.

Un gran desafío para la realización de este trabajo fue encontrar la información suficiente y de calidad para poder hacer el análisis. En el caso de Argentina se cuenta con escasos datos. No existen encuestas oficiales sobre los salarios que cobran los ingenieros como sí existen en otros países.

Un proyecto interesante de encuesta es el que ha comenzado un grupo de estudiantes de la Universidad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Ciudad de Rosario. En sus primeras ediciones han recopilado respuestas de 350 Ingenieros o próximos a egresar, sobre su situación laboral. [1]

En el año 2016 se realizó la primera edición de esta encuesta, datos que fueron utilizados en el presente estudio. Sería deseable lograr una mayor difusión para aumentar el tamaño de la muestra obteniendo así una fuente de información más confiable, y luego con ella repetir el estudio.

A continuación se presentan los resultados obtenidos y ponderados según el criterio descrito en el apéndice.

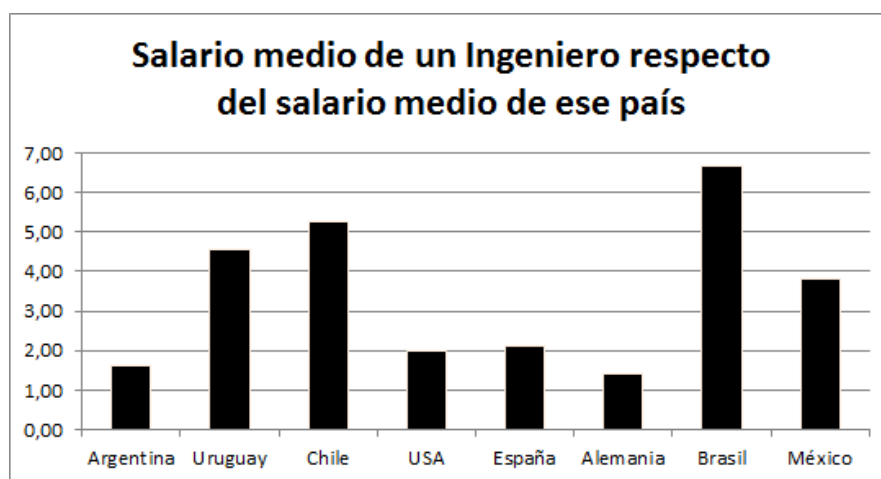


Figura 1 Salario relativo de Ingenieros en distintos países.

3. VERIFICACIÓN DE LAS TEORÍAS CLÁSICAS RESPECTO AL SUELDO DE LOS INGENIEROS.

Las condiciones en que se acuerdan y determinan los salarios de los ingenieros son similares entre los países estudiados. Sin embargo, debe tenerse en cuenta la simplificación que resulta de considerar y englobar en un solo valor promedio a todas los perfiles de ingenieros (Especialidades, años de experiencia, otras competencias, etc.) como asimismo a todos los contratantes (Tamaño de empresa, actividad, región donde operan, etc.)

Para plantear una analogía con la oferta y la demanda, y el punto de equilibrio teórico en que se intersecan es necesario conocer en proporción la cantidad de ingenieros con que cuentan los países estudiados.

Tabla 1 *DISPONIBILIDAD DE INGENIEROS Y CIENTÍFICOS*
(INFORME DE COMPETITIVIDAD 2015-16: FORO ECONÓMICO MUNDIAL)

País	Posición en ranking mundial	Calificación
USA	4	5,4
Alemania	15	5,0
España	16	5,0
México	63	4,1
Uruguay	105	3,4
Brasil	115	3,3
Argentina	100	3,5
Chile	32	4,6

Relacionando esta información con la de salarios vista en la Figura 1 y siguiendo los lineamientos de la escuela clásica, es de esperar que los países con mejores calificaciones WEF tengan menores sueldos relativos y viceversa.

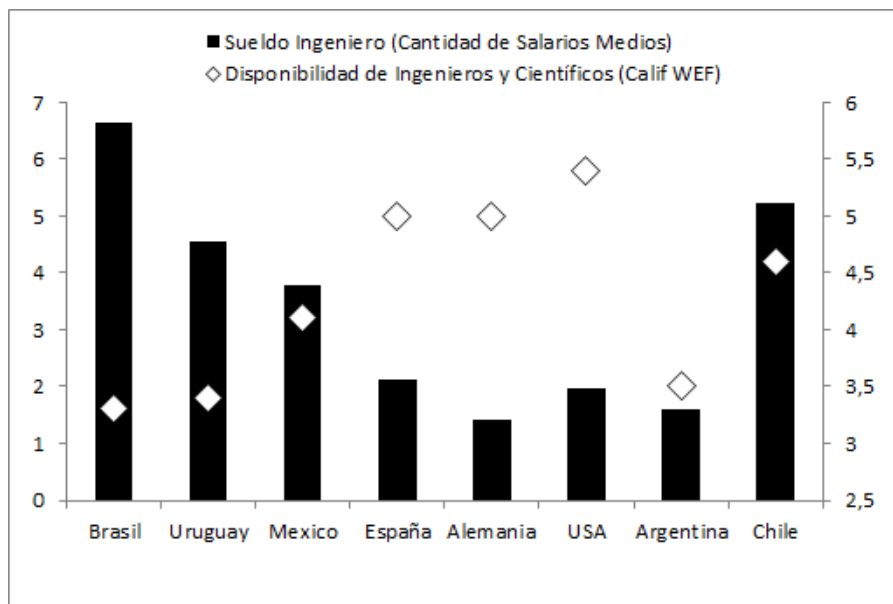


Figura 2 Comparación de sueldo relativo de Ingeniero vs disponibilidad.

3.1. Excepciones a la tendencia.

Chile cuyos sueldos son mayores a lo esperado, mientras que en Argentina son inferiores.

En el caso de Chile podemos suponer que se debe a que su curva de demanda relativa es diferente, por mayores cantidades demandadas.

Uno de los determinantes de la demanda (lo que la empresa contratante está dispuesta a pagar en sueldos) es la rentabilidad de la actividad. Esto explica, por ejemplo, porqué los ingenieros en petróleo y minería suelen tener salarios más altos que los de otras especialidades. Es el concepto que en su momento Von Thünen introdujo asociando la remuneración al bien producido por los trabajadores. [2]

Volviendo al estudio realizado, no hay que olvidarse que el punto de equilibrio teórico que se calculó es un promedio que engloba especialidades de las distintas ramas de la ingeniería. Un país con similar proporción en sus actividades económicas tendrá similares proporciones en las especialidades de ingenieros requeridos y la comparación es válida. Chile al ser su principal actividad económica la minería, de alta tasa de rentabilidad, genera la demanda de una cantidad de ingenieros con salarios promedio altos [3], en términos del gráfico de Jerkin, una curva con mayores cantidades demandadas.

El caso de Argentina es insondable. Es muy probable que múltiples causas sean concurrentes para dar los resultados que se aprecian.

Una causa podría ser que la matriz productiva netamente agroexportadora de nuestro país, combinada con una política de Estado de desinversión en infraestructura e industria provoque el

no requerimiento de importantes cantidades de ingenieros en esas ramas y en consecuencia, la curva de la demanda promedio sea inferior a la que se presume.

Si bien es un factor que seguramente afecta, especialmente en la comparativa con los países más industrializados. La matriz no es tan diferente a la de otros países de Latinoamérica, como Uruguay, para explicar por sí solo la situación.

Más adelante se profundizará en otras variables, que también condicionan los resultados vistos.

Lo expuesto en este estudio hasta el momento corrobora técnicamente que en Argentina los profesionales de la ingeniería no son bien retribuidos, como muchos comunicadores divulgan insistentemente.

Siempre y cuando se consideren las distintas particularidades, la teoría del mercado de trabajo clásica explica la tendencia del salario relativo de los ingenieros en los diferentes países, pero en Argentina no se cumple y dicho salario se encuentra por debajo de lo esperado.

De hecho, siguiendo la tendencia común de los países, el ingeniero en Argentina debería cobrar en promedio cuatro veces el salario medio. Esto es \$73.468 por mes.

4. FACTORES DE DETERMINACIÓN SALARIAL.

Adam Smith distinguía diferencias intrínsecas en las ocupaciones para diferenciar el status de la tarea en relación a la remuneración que se debía percibir.

“primero, si los empleos son agradables o desagradables; segundo, si el aprenderlos es sencillo y barato o difícil y costoso; tercero, si son permanentes o temporales; cuarto, si la confianza que debe ser depositada en aquellos que los ejercitan es grande o pequeña; y quinto, si el éxito en ellos es probable o improbable.”... [4]

Ahora bien, los factores mencionados por Smith determinan una valoración general de las ocupaciones, pero la naturaleza actual de la composición salarial es mucho más compleja y dinámica. Intervienen múltiples factores: la noción de valor y precio del trabajo, la valoración social de una determinada actividad, la interacción entre actores con distintos intereses, las políticas estatales, la oferta y demanda ya analizada, entre otros.

Por las limitaciones del autor se excluirán del análisis, los aspectos psicológicos y sociológicos del tema para concentrarse en la influencia de los restantes factores (económicos, normativos y de interrelación entre partes).

A esta altura del trabajo es importante reflexionar sobre la complejidad de este análisis citando las palabras de la Dra. Panoia sobre los graduados de Ingeniería:

"Cada graduado construye su propia historia, con un intensivo trabajo de elaboración simbólica, subjetiva y generacional de las múltiples demandas empresariales, sociales y familiares que forman una red compleja de contradicciones objetivas, pero esa trayectoria se desenvuelve en una realidad para la profesión todavía muy imprecisa, aún para los propios ingenieros y agrupaciones de ingeniería." [5]

5. LA SINDICALIZACIÓN Y EL PODER DE NEGOCIACIÓN.

Existen reglamentaciones internas de las empresas, manuales, información intercambiada en congresos de RRHH donde los responsables de definir los sueldos consensuan los rangos de los montos a ofrecer. En términos microeconómicos, hay un acuerdo entre los demandantes que obliga a los salarios a reducirse, similar a la situación de un oligopsonio.

Además del enfoque microeconómico visto, de oferta y demanda, en macroeconomía también se estudia el mercado de trabajo.

Se considera que el poder de negociación de un trabajador depende de dos factores: del tipo de puesto que ocupa y de la situación del mercado.

Un trabajador muy calificado que conoce perfectamente el funcionamiento de la empresa es caro de sustituir y en consecuencia su poder de negociación es alto, por el contrario, un trabajador de escasa preparación es fácilmente reemplazable, por lo que su poder de negociación es bajo.

En el segundo factor la variable más importante a considerar es la tasa natural de desempleo (U_n) “Cuando la tasa de desempleo es baja, es más difícil para las empresas encontrar un sustituto aceptable y más fácil para los trabajadores encontrar otro trabajo. En estas condiciones, los trabajadores tienen más poder de negociación y pueden conseguir unos salarios más altos. En cambio, cuando la tasa de desempleo es alta, es más fácil para las empresas encontrar buenos sustitutos, mientras que es más difícil para los trabajadores encontrar otro trabajo. Al tener menos poder de negociación, los trabajadores pueden verse obligados a aceptar un salario más bajo.” [6]

En el modelo macroeconómico se tiene a las empresas que plantean una ecuación de precios (PS) (lo que están dispuestas a pagar) considerando un factor “ μ ” de margen de utilidad. Y a los trabajadores contraponiendo sus expectativas de salarios (WS).

Estas últimas dependerán principalmente de la perspectiva de precios esperados, de la tasa de desempleo y del poder de negociación (el cual a su vez obedece a varios factores, incluyendo los ya mencionados).

Es importante señalar que muchos de estos conceptos fueron analizados para el estudio de los países europeos y Estados Unidos. Para el caso argentino convendría hacer algunas modificaciones para poder encontrar una explicación consistente con nuestra realidad.

Al aumentar el poder de negociación de los sindicatos o si éstos tienen una expectativa de precios altos, como los despidos entran también en la discusión entre las partes, la tasa de desempleo se incrementa pero en menor medida.

El mercado argentino con un sector trabajador de alto poder de negociación podría ser representado de la siguiente manera:

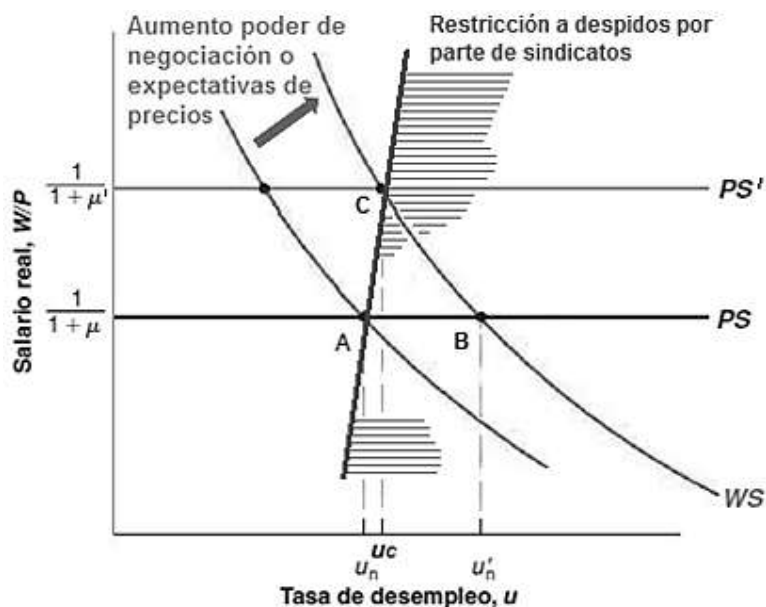


Figura 3 Desplazamiento de curva de salarios con restricción de despidos.

Impuesta una restricción a los despidos, la única opción que le queda a las empresas es reducir su “ μ ”. El punto de equilibrio en lugar de pasar de “A” a “B”, pasa de “A” a “C”.

Sin embargo, lo que sucede en la realidad es que el empresario negocia con múltiples sectores de trabajadores y no todos tienen igual poder de negociación. Esto implica que la utilidad prevista y que tiene que resignar con un sector determinado, puede recuperarla con otro que le oponga menor resistencia, como por ejemplo el de los ingenieros. (Si se reduce la utilidad μ' de la figura 3, se recupera con la utilidad μ'' de la figura 4)

Desagregando la curva de salarios en dos grupos de trabajadores, uno con alto y otro con bajo poder de negociación se explica esta situación.

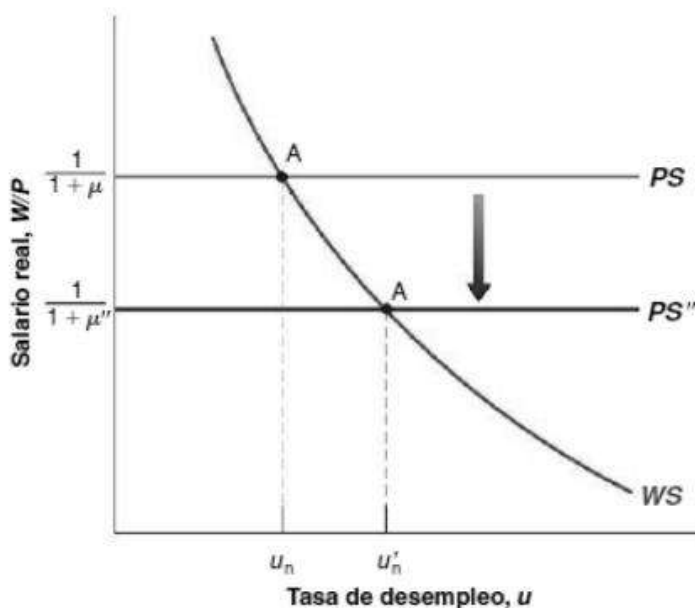


Figura 4 Desplazamiento de curva de salarios por aumento de utilidad μ'' .

6. LA INFLACIÓN COMO FACTOR DE DISPARIDAD SECTORIAL.

Existe una cuestión numérica, más que ideológica que produce un desajuste en términos reales entre las proporciones salariales.

Poco peso puede tener en los sueldos la diferencia de unos escasos puntos porcentuales obtenidos en las paritarias anuales de los distintos sindicatos y profesionales. Pero lo que no se tiene en cuenta es que si esta situación se repite reiteradamente a lo largo de los años, se produce una acumulación porcentual que distorsiona totalmente las relaciones salariales.

Esto se observa en períodos inflacionarios como el de la última década en nuestro país.

Veamos un ejemplo:

Supongamos que en 2005 un trabajador A cobraba 1.000 pesos y un trabajador B mejor calificado cobraba un 50% más, 1.500 pesos.

El trabajador A tiene un mayor poder de negociación que el trabajador B.

Supongamos que el trabajador B logra equiparar a la inflación en todos los años mientras que el trabajador A superar al otro gremio sólo en 3% por cada negociación anual.

Adoptando la inflación con el IPC Congreso se concluye que en el 2015 el trabajador A cobra 11.790 pesos y el B 13.535 pesos.

Es decir, el trabajador B que ganaba más que el A un 50%, pasó a ganar sólo un 14,8% más.

La conclusión es que la inflación favorece y acentúa fuertemente la tendencia de valoración de salarios en base al poder de negociación por sobre otros criterios de valoración salarial (oferta/demanda del mercado de trabajo, aptitudes, responsabilidades de la actividad, etc.) Veamos un caso real:

Tabla 2 EVOLUCIÓN DEL SALARIO BÁSICO (MÁS ADICIONALES) EN VARIOS CONVENIOS COLECTIVOS DE DISTINTAS ACTIVIDADES. (OBSERVATORIO DEL DERECHO SOCIAL – CTA)

	Básico + adicionales	2006	2014	variación real (abril 2015)
Metalmecánica (Rama 17)	Operario	1.124	6.748	-3,13%
Construcción	Ayudante	908	6.032	7,15%
UTA	Chofer corta y media	2.177	12.460	-7,69%
Químicos	Categoría B	1.789	11.870	6,99%
Camioneros	Conductor de primera	1.649	13.056	27,67%
Alimentación	Operario	1.256	9.207	18,22%
Sanidad	Enfermero de piso	1.528	10.107	6,72%
Aceiteros	Categoría A	1.056	11.550	76,42%
Comercio	Administrativo A	1.087	9.448	40,21%
Subte	Boleteros	2.068	15.922	24,18%

En general, la información muestra la enorme disparidad en la tasa de variación salarial entre rubros, en un periodo inflacionario de ocho años y sin que esto responda a un aumento de una actividad por sobre otra como para justificar semejantes diferencias.

El concepto fuerte que subyace es que la respuesta pasa por el poder de negociación de cada sindicato, que año tras año debió ponerse a prueba en las negociaciones paritarias.

Es indudable que el poder de negociación de esta actividad es bajo y esto explicaría en parte, la perdida relativa de su poder adquisitivo.

Lo expuesto en este capítulo adquiere importancia debido a que existen pocos países con tan alta inflación como el nuestro y además porque no abundan estudios ni análisis sobre su influencia en los salarios de los ingenieros.

La dinámica de negociación desfavorable explicada en capítulos anteriores puede replicarse en muchos países, pero no se da con la frecuencia ni con la incertidumbre propia de nuestro país, en la que debe reconstruirse la estructura salarial completa cada año. Por esto la inflación es el factor más distintivo que afecta la situación salarial de los ingenieros argentinos.

7. CONCLUSIONES.

La información sobre los sueldos percibidos por los ingenieros es muy escasa en Argentina, de modo que los estudios sobre el tema se encuentran condicionados.

La tendencia general de los sueldos de los ingenieros en el mundo está fuertemente afectada por la oferta y demanda de dichos profesionales en cada país. A esto se le suman otros factores propios de la estructura económica de cada nación.

Asumiendo la información recopilada se puede concluir que:

- A. La remuneración del ingeniero en Argentina es menor en proporción al salario medio que en los otros países.
- B. Se recomienda repetir el estudio a partir de una nueva encuesta en 2017 con una muestra de ingenieros superior y por ende, más representativa para concluir en un valor que cuantifique la situación con mayor exactitud. Sin embargo, la diferencia es tan grande entre lo esperado (\$73.468) y lo estimado que cobran (\$29.420), que el diagnóstico del panorama de la situación actual ya es concluyente..
- C. Los empresarios pueden recuperar la utilidad cedida a los trabajadores de alto poder de negociación disminuyendo los sueldos de los de bajo poder, como los ingenieros.
- D. Los motivos para la determinación de los salarios de los ingenieros en Argentina son múltiples y los factores analizados no tienen por qué ser los únicos que entran en consideración. Sería muy provechoso realizar un estudio por especialistas en otras áreas como sociología, psicología, etc. para ayudar a su comprensión. A su vez, con un seguimiento durante varios años de la evolución del salario de los ingenieros podría realizarse un estudio comparativo de salario vs inversión en el país, para analizar la incidencia de esta variable.
- E. Está probado que la inflación mantenida en el tiempo es un factor que genera disparidad sectorial en los salarios. El ingeniero, se encuentra dentro del grupo de los más afectados por esta situación. Está abierta la puerta para que los profesionales del rubro adopten una actitud proactiva y se organicen para defender la pérdida tanto del posicionamiento económico como de su prestigio social.

8. APÉNDICE: ESTIMACIÓN SALARIOS PROMEDIO.

8.1. Argentina.

Para la determinación del salario medio argentino se consideró \$18.367 para junio del 2016, información provista por el Ministerio de trabajo, empleo y seguridad social de la Nación.

Respecto al salario medio de los ingenieros se utilizó la Encuesta laboral de ingenieros. Pese a que se filtraron los encuestados no egresados, al ser un proyecto iniciado recientemente, en el marco de una facultad, la mayoría de los encuestados (90%) tienen un tiempo de ejercicio de la profesión menor a 10 años, mientras que la población de ingenieros total (que ronda los 115.000)[7] tendrá una distribución más equitativa, con mayor cantidad de ingenieros de experiencia superior.

Para estimar un valor más representativo se adoptó la decisión de ponderar a 0,7 al promedio de los ingenieros de más de 10 años y 0,3 a los restantes.

A su vez este resultado se lo comparó con la información de la página de referencia laboral elsalario.com.ar para las distintas especialidades de ingeniería y se observó que el monto es similar al alcanzado a los 10 años de experiencia en cada una, un resultado aceptable.

8.2. Restantes países

Se consultaron a las siguientes fuentes de información estadística:

Instituto Nacional de Estadísticas Uruguay

Cámara de Industrias Uruguay

Fundación SOL – Estudio de Sueldos Ingenieros 2015

Fundación SOL – Verdaderos Salarios 2015

Figures from National Occupational Employment and Wage Estimates, United States Department of Labor, May 2015

Encuesta de Salarios y Actividad profesional – Colegio oficial ingenieros industriales de Alava, Bizkaia, Gipuzkoa y Navarra.

Observatorio Laboral – Secretaría de Trabajo y Previsión Social México

INEGI – Censos Económicos 2014

Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE)

Encuesta de la Asociación de los Ingenieros Alemanes (Verein Deutscher Ingenieure).

9. REFERENCIAS.

[1] <https://sites.google.com/view/encuestaingenieros/>

[2] Gallego Abaroa, E. Historia breve del mercado de trabajo. Madrid: Editorial del Economista, pp. 71, 2009.

- [3] Conexión Ingenieros. Estudio de sueldos de ingenieros 2015 y mercado laboral. Colegio de Ingenieros de Chile, 2015.
- [4] Smith, A., La riqueza de las naciones. (C. Rodriguez Braun, Ed.) Londres: W. Strahan & T. Cadell, 1776.
- [5] Panoia, M., & Simone, V. "Demandas empresariales regionales y formación de ingenieros en dos zonas argentinas", en Congreso Argentino de Ingeniería. Mar del Plata: Revista Nro 1 - Consejo Federal de Decanos de Ingeniería, pp. 89-104.
- [6] Blanchard, O., Amighini, A., & Giavazzi, F., Macroeconomía (Quinta ed.). Madrid: Pearson Education S.A., pp. 157, 2012.
- [7] Panoia, M., Los graduados de ingeniería en el mundo. Laboratorio de monitoreo de inserción de graduados - UTN Avellaneda, 2013.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Dr. Ing. Fernando Nicchi por motivar en su curso la realización de trabajos con contenidos transversales en pos de la formación de profesionales con amplitud mental y profesional.

Contribución Multimetodológica para la Mejora de Procesos de Gestión en Pequeñas Organizaciones

Castellini, María Alejandra*; Escardó, Adrián*

*Facultad de Ingeniería y Tecnología Informática, Universidad de Belgrano
Villanueva 1324, (1426) CABA.*

alejandra.castellini@comunidad.ub.edu.ar adrian.escardo@comunidad.ub.edu.ar

*Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires
Av. Las Heras 2241, (1425) CABA*

RESUMEN

En este trabajo se presentan la metodología y los principales aportes derivados del uso combinado de una gama de métodos de diferentes áreas de la Ingeniería Industrial. Estas son: Investigación Operativa (IO) clásica (dura), IO suave, también llamada Método de estructuración de problemas (PSM), Gestión de la Calidad (GC), Economía de la Empresa (EE) y Organización Industrial (OI), en un marco multi-metodológico (MM), a fin de estudiar la complejidad organizacional y operativa de pequeñas organizaciones y proponer alternativas de solución. Se presenta un informe sobre la aplicación del marco propuesto para ayudar a la gestión general de dos PYMES, una en el Gran Bs. As. y otra en la ciudad de Salta. En la primera se aplicaron métodos de EE y OI; en la segunda se utilizaron algunas etapas de Metodología de Sistemas Suaves (SSM) del campo de IO suave, combinado con técnicas de GC y métodos de IO duros. Los hallazgos de las aplicaciones se reportan en dos niveles: pautas para los tomadores de decisiones en un nivel estratégico y una guía para mejorar las operaciones diarias de la organización. El artículo contribuye al debate actual sobre la práctica de múltiples paradigmas y multi-metodologías y está alineado con la reciente tendencia a combinar métodos para rescatar el elemento sistémico de la intervención y mejorar la efectividad de cada metodología (o parte de ella) utilizada.

Palabras Claves: Multimetodologías, Investigación Operativa, Gestión de la Calidad, Economía de la Empresa, Organización Industrial

ABSTRACT

This paper presents the methodology and main contributions derived from the combined use of a range of methods from different areas of Industrial Engineering. These are: Classical (hard) Operational Research (OR), soft OR, also called Problem Building Method (PSM), Quality Management (GC), Enterprise Economics (EE) and Industrial Organization (IO), in a multi-methodological framework (MM), in order to study the organizational and operational complexity of small organizations and propose solutions.

A report is presented on the application of the proposed framework to assist the overall management of two SMEs, one in Great Buenos Aires and the other in the city of Salta. In the first, EE and IO methods were applied; in the second, some stages of Soft System Methodology (SSM) from the soft OR field, combined with QM techniques and hard OR methods. Application findings are reported on two levels: guidelines for decision makers at an strategic level and a guide to improving the day-to-day operations of the organization. The article contributes to the current debate on the practice of multiple paradigms and multi-methodologies and is aligned with the recent tendency to combine methods to rescue the systemic element of the intervention and improve the effectiveness of each methodology (or part of it) used.

Keywords: Multimethodologies, Operational Research, Quality Management, Enterprise Economics, Industrial Organization.

1. INTRODUCCIÓN.

Los modelos matemáticos que conforman IO dura, son aplicados en diversos problemas reales de optimización, relacionados con la planificación de la producción, la gestión de inventarios, la optimización de situaciones improductivas de espera, tal como puede verse en [1] Hillier y Lieberman (2010), [2] Chase et al., (2008). Autores de este artículo los están aplicando en micro y pequeñas organizaciones desde 2005, reportándose antecedentes en [3] Castellini et al. (2007) y [4] Molina y Castellini (2007).

Estas metodologías duras tienen algunas limitaciones, ya que ante la necesidad de la aplicación de un modelo matemático, “reducen” la realidad, simplificándola, al requerir información muy precisa. También se las califica como mecanicistas en el sentido que buscan un óptimo para una situación dada, bajo un esquema causa-efecto, sin considerar aspectos humanos. En general son aplicadas por un experto, lo que puede ocasionar ciertos sesgos. De allí la importancia de considerar métodos más participativos y con enfoques más amplios, tal los casos de los métodos de GC y los métodos suaves de IO.

GC considera métodos cualitativos (brainstorming, análisis de fuerzas, diagramas de flujos, espina de pescado, FMEA, QFD) y cuantitativos (control estadístico de procesos) que permiten analizar y mejorar procesos, considerando a la organización de una manera sistémica. Fomentan la participación de los involucrados, siendo algunos de sus referentes, [5] Juran y Gryna (2000). Autores de este artículo los están aplicando en micro y pequeñas organizaciones desde 2007, reportándose antecedentes en [6] Villanueva y Castellini (2010)

Los modelos no matemáticos de IO suave, tales como SSM, desarrollado por [7] P. Checkland (1981) se aplican para estructurar problemas complejos caracterizados por la incertidumbre, la diversidad de objetivos, el gran número de involucrados con intereses diferentes y algunas veces, opuestos. Autores de este artículo los están aplicando desde 2011, reportándose antecedentes en [8] Silva B. et al (2013).

Las MM, en el campo de IO, permiten combinar, para una determinada intervención en una organización, más de un método, tanto de IO dura como suave; algunos de los cuales están citados en los siguientes artículos [9] Georgiou (2011), [10] Franco, Lord (2011), [11] Mingers, Brocklesby (1997). Autores de este artículo los están aplicando desde 2012, reportándose antecedentes en [12] y [13] Castellini et al (2012, 2013) y en [14] Pontelli et al (2013)

Existen diversas maneras de implementar estas MM en situaciones reales, tales como Facilitated Modelling, como se manifiesta en [15] Franco, Montibeller (2010) que requiere que el/la investigador/a o analista lleve a cabo la intervención conjuntamente con los involucrados, ayudando a estructurar y definir la naturaleza de la situación problemática y a fundamentar la evaluación de prioridades y el desarrollo de planes para la subsecuente implementación.

Relacionadas con EE, que plantea los diferentes escenarios del contexto económico, y formula los distintos modelos conceptuales de adaptación de las empresas en función de su permanente crecimiento y OI, que formula diferentes modelos de planeamiento estratégico y de estructuras de organizacionales para el logro de los objetivos empresariales planteados, existen investigaciones de las pymes en diferentes países, por ejemplo en Argentina en [16] Braidot et al (2003); en Colombia en [17] Pérez Uribe (2009) y en México en [18] Saavedra García (2012).

La utilización de MM de IO dura y suave y su aplicación en casos reales, se ha desarrollado en Europa, particularmente en el Reino Unido. Esta combinación de métodos permite aprovechar las ventajas de cada uno; por ejemplo estructurando, en una primera etapa, el problema con la participación de investigadores e involucrados mediante alguno de los métodos no cuantitativos de IO suave o GC y optimizando luego, mediante el uso de métodos cuantitativos, del campo de IO dura, EE y OI. Se desarrollan a continuación MM aplicables en pequeñas organizaciones, a fin de contribuir a mejorar sus procesos de gestión y toma de decisión, teniendo en cuenta sus características propias.

2. METODOLOGÍA.

La metodología de investigación utilizada fue la de investigación-acción. Ésta, conjuntamente con la metodología de estudio de casos, son abordajes apropiados para la investigación de situaciones problemáticas detectadas en procesos de gestión en organizaciones, competencia de la ingeniería industrial. Es una investigación con base empírica realizada en estrecha asociación con una acción en la cual investigadores y participantes de la situación, están involucrados de modo cooperativo y participativo, de acuerdo con [19] Cauchick, Sousa (2012).

Luego de seleccionar la organización, se siguieron las siguientes etapas:

1ª etapa: Análisis del Contexto

2ª etapa: Diseño de la intervención

3ª etapa: Diagnóstico de la organización seleccionada, en cuanto a sus características generales y particulares, relacionadas con las situaciones problemáticas o a mejorar

4ª etapa: Definición de acciones - Análisis de Estructuras y restricciones: Identificación del problema, delimitando el campo de abordaje, en acción conjunta con los involucrados, utilizando métodos suaves de IO, GC, EE y OI. Desarrollo y propuesta de aplicación de metodologías de

mejora en las organizaciones: reuniones intra-grupo y con los interlocutores de las organizaciones, con quienes se elabora la propuesta de trabajo que incluye objetivos, compromisos de ambas partes, cronograma de actividades, resultados esperados, y todo otro aspecto que se considere de interés.

5ª etapa: Propuesta de implementación de las mejoras con la participación de los afectados.

6ª etapa: Evaluación de resultados.

Se presentan a continuación versiones resumidas de dos aplicaciones realizadas

3. APLICACIONES

Habiendo diagnosticado seis organizaciones, se trabajó en una de ellas en el Gran Buenos Aires y se continuó en una segunda empresa en el Noroeste argentino, el trabajo iniciado en un período anterior. Se presentan a continuación su contexto y las etapas de trabajo desde el diseño de la intervención.

3.1. Diseño e implementación de la Intervención Multi- metodológica en una PYME en el Gran Buenos Aires.

3.1.1. Contexto

La PyME que presentamos en este estudio, fabricante de sistemas de porteros eléctricos, se localiza en el Gran Buenos Aires, Partido de Vicente López, a menos de dos kilómetros de la Av. Gral. Paz y a menos de un kilómetro del Acceso Norte. Cuenta con un taller adicional de ensamblado de partes en la ciudad de Ramos Mejía, distante 15 km. De la sede principal Desde el punto de vista económico, está situada en una zona industrial, comercial y residencial. Existen una gran cantidad de micro y pequeños emprendimientos, tanto en el sector industrial como en el área de comercio y servicios.

La empresa, inicialmente, se contactó para poder contar con un soporte formal a las decisiones que habitualmente toma y dejar de hacerlo simplemente por “sentimientos” y así mejorar su competitividad.

Se comenzó a trabajar, desde la Universidad de Belgrano, a mediados de 2016 y se continuará hasta fines de 2017, con el objetivo de detectar situaciones problemáticas y proponer metodologías para su corrección.

Se trata de una empresa familiar que opera desde el año 1972. Inicialmente estuvo conformada por dos personas, cuñados entre sí, ambos con formación de Técnico en Electrónica. Dentro de la primera década de operaciones, se dividen las operaciones de la empresa quedándose cada uno de los fundadores con una línea de negocios.

Actualmente, la empresa se encuentra dirigida en conjunto por el fundador y sus dos hijos y tienen un plantel de once empleados.

Inicialmente se le planteó a la empresa hacer en conjunto un diagnóstico para poder determinar si solamente les era necesario formalizar los procesos de toma de decisiones operativas para luego iniciar los trabajos de intervención.

3.1.2. Diseño de la Intervención

Para poder diagnosticar las fortalezas y las debilidades que presentaba la empresa para el desarrollo habitual de sus operaciones, se la estudió desde diversos enfoques.

El primer enfoque fue desde el punto de vista Organizacional [20], el segundo fue desde el punto de vista de las actividades que habitualmente se desarrollan que aportan valor a la oferta [21] y el tercero la posición económico-financiera [22]

Para llevarlo a la práctica, basados en la experiencia de casos anteriores, se propuso realizar el trabajo de forma interactiva.

En función de los resultados que arrojase el Diagnóstico, se definirían las prioridades en las que se abordarían cada una de las falencias que se detectasen.

3.1.3. Diagnóstico inicial

Desde el Enfoque Organizacional se estudió la evolución de la empresa desde sus inicios hasta la actualidad y las transformaciones que se sucedieron a lo largo de su vida y se verificó que nunca se produjeron grandes cambios desde este aspecto.

Actualmente, la empresa, sigue teniendo una Estructura Simple (Figura 1),



Figura 1 Tipo de Configuración Organizacional – Estructura Simple

Se formalizaron las problemáticas asociadas (Tabla 1)

Tabla 1 Problemáticas organizacionales

Aspecto Organizacional	No hay una organización formal, si informal
	No hay definiciones de funciones
	Existen algunas tareas que están asignadas a cada empleado de la empresa
	Existe superposición en la asignación de personal en algunas tareas operativas.
	No hay delegación de ninguna cuota de autoridad (salvo dentro de los integrantes de la dirección / gerencia)
	No están formalizadas las autoridades / responsabilidades y actividades de cada uno de los integrantes del Ápice Estratégico (AE).
	Los integrantes del AE realizan tareas en función de sus respectivas habilidades y cubren, a demanda, tareas operativas (de menor valor agregado).
	No se evalúa si es pertinente que sean los integrantes del AE quienes deban cubrir tareas operativas, ni previa ni posteriormente a su realización.
	Con el transcurrir del tiempo, las tareas operativas forman parte integrante de las tareas habituales que desarrolla cada uno de los integrantes del AE, limitando así la disponibilidad de tiempo para las tareas que realmente deben llevar a cabo.

Diagnóstico: Como consecuencia de lo relevado, la problemática de los integrantes del Ápice Estratégico (fundador y sus dos hijos) es que carecen de suficiente tiempo como para poder desarrollar las tareas propias.

Para el segundo enfoque: aporte de Valor, se estudiaron las actividades que se desarrollan habitualmente en la empresa que son: Investigación y Desarrollo; Gestión Comercial; Producción y Servicio al Cliente.

En Investigación y Desarrollo se pudo verificar que trabajan sobre varios proyectos simultáneamente tanto para productos nuevos como para mejora de productos existentes y se encontraron varias problemáticas relacionadas con este aspecto (Tabla 2).

Tabla 2 Problemáticas de investigación y desarrollo

Investigación y Desarrollo	Poseen más de cinco nuevos productos en desarrollo.
	En productos que comparten la misma plataforma, no se hace estandarización de la misma.
	Se busca la “perfección” técnica” si saber si el mercado tiene la demanda necesaria para que esos productos sean rentables.
	No se valúa la relación costo / prestación
	La empresa tiene como política re invertir parte de las utilidades en la mejora de los productos actuales y en el desarrollo de nuevos productos.
	No se mide la eficiencia de la inversión en la mejora de los productos actuales, a veces se realizan importantes inversiones con pobres resultados en cuanto a aumento de la rentabilidad.
	En los tiempos de desarrollo de nuevos productos, no se fijan fechas para su lanzamiento al mercado (Time to Market – TTM) y la metodología utilizada carece de definición de hitos, puntos de control, evaluación de retroalimentación, etc.

Diagnóstico: la organización no cumple el TTM, por lo que los productos llegan tarde al mercado, dejándole ventajas competitivas a la competencia. Al no estandarizar, se incurre en mayores

costos de mantenimiento de stocks de materias primas y semielaborados reduciendo la flexibilidad de la producción en respuesta a las demandas del mercado.

En cuanto a la Situación Comercial, se estudiaron los canales de comercialización, el mercado de oferta y demanda, la política de precios / descuentos de la empresa, arrojando los resultados que se presentan en la Tabla 3

Tabla 3 *Problemáticas comerciales*

Situación Comercial	La estrategia actual es Competir por Precio.
	El segmento de mercado en el que actualmente operan responde, en el 80% / 90% de los casos, eligiendo por precio.
	Sólo entre el 10 y el 20% del segmento de mercado actual evalúa la relación precio/prestación y/o precio/servicio de posventa
	Sólo manejan un tipo de canal de comercialización, siendo éste Casas de Venta de Materiales Eléctricos.
	El mercado de la oferta está dividido en Importadores y en Fabricantes Locales.
	El mercado de Demanda se encuentra abastecido en un 70% por los Importadores y el 30% restante se lo reparten entre los más de 10 Fabricantes Locales. De esta última porción de mercado, la empresa en estudio tiene una participación del 20%.
	Participación en el mercado total: 6%.

Diagnóstico: Los Importadores tienen la posibilidad de fijar precios de referencia en el mercado de oferta y obtener mayores utilidades que los Fabricantes Locales por los volúmenes que comercializan.

El servicio de Posventa ofrecido por los Importadores es pobre.

Los Fabricantes Locales quedan atrapados en una Competencia por Precio y deben buscar diferenciarse por otros aspectos como ser buenos Servicios de Posventa, mayores Plazos de Garantía, servicios de Soporte Técnico, etc.

Como consecuencia de esto, la problemática es que atacan un solo segmento del mercado: la distribución a través de casas de electricidad.

En cuanto a Producción, se relevaron los procesos productivos de los productos “A” de Pareto, volúmenes, stocks, planeamiento, programación y control de la producción, que se detallan en Tabla 4

Tabla 4 *Problemáticas de producción*

Producción	Se compran localmente los circuitos impresos y algunos componentes electrónicos y eléctricos (transformadores, cerraduras eléctricas, etc.)
	Se importan componentes electrónicos (circuitos integrados, transistores, etc.) desde China.
	Se compran localmente las “carrocerías” y gabinetes – inyección de plástico en matrices propias –
	Sólo un modelo de teléfono fabrica con una carrocería importada de China
	Se compran las cajas
	Se arman las plaquetas, se montan en los gabinetes / carrocerías y se empaquetan en sus cajas
	Se hacen en dos sedes que tiene la empresa, a 15 Km de distancia

Diagnóstico: Se producen completamente los sistemas de porteros eléctricos, desde el armado de las plaquetas hasta el ensamble final, sin tener en consideración los costos asociados a este tipo de producción. No existe una política de importar subconjuntos armados para ser ensamblados y aumentar la producción y disminuir los costos unitarios.

Desde Servicio al cliente se verificó lo indicado en Tabla 5:

Tabla 5 *Problemáticas de servicios*

Servicio al Cliente	En función de buscar la satisfacción del cliente, se brinda soporte técnico telefónico y visitas a obras para la resolución de problemas técnicos.
	Los destinatarios de este servicio son Instaladores / Estudios de Arquitectura / Constructoras / etc.
	Habitualmente se realiza “Sin cargo” y no se calcula el costo asociado a este servicio.
	También se ofrece el servicio de reparaciones de equipos fabricado por la

	empresa y los precios fijados para las reparaciones no tienen un cálculo que asegure que está por encima de los costos incurridos.
--	--

Diagnóstico: esta es una de las fortalezas que distingue a la Empresa, la cual la hace elegible frente a ofertas de la competencia. Solo se realizará los cálculos de costos asociados.

Para el tercer enfoque: Situación Económico – Financiera, se consideró:

Situación Económica

La empresa presenta un bajo margen neto sobre ventas después de impuestos, lo que hace que su crecimiento sea lento porque no se generan grandes volúmenes de recursos monetarios para reinvertir.

En cuanto a la Estructura de Costos, la misma se divide en 70% Materias Primas, 15% Mano de Obra y 15% Gastos Generales de Operación lo que hace que para aumentar la competitividad se deba trabajar prioritariamente en la optimización de los costos de las Materias Primas.

Actualmente, las importaciones de algunas Materias Primas se efectúan desde China siendo el medio de transporte utilizado, vía aérea. Este medio de transporte está siendo utilizado debido a que carecen de tiempo para realizar las planificaciones de compras y de recursos financieros como para poder programarlas vía marítima y así reducir los costos de logística.

En cuanto a los Aranceles Aduaneros existe una deficiencia en el Nomenclador que genera que los importadores de productos terminados paguen los mismos aranceles o menores que las partes y componentes. Esto les quita competitividad a los Fabricantes Locales frente a los Importadores.

Situación Financiera

La principal problemática en cuanto a las finanzas es la rutina mensual en la que se encuentran inmersos:

Primera semana: Pago de Sueldos, Segunda semana: Pago de Aportes y Contribuciones, Tercera semana: Pago de Impuestos: IVA, Ingresos Brutos, Cuarta semana: Recaudación para la próxima semana que es la primera semana del próximo mes.

Se suman a la rutina previamente descrita los Pagos a Proveedores Locales y del Exterior, Servicios de Comercio Exterior, etc. y la Cobranza de las Ventas a Crédito.

No tienen un control eficiente de cobranzas y control de morosidades.

La baja disponibilidad de recursos financieros ocasiona que se vean con limitaciones de stock dado que todas las mercaderías de origen extranjero deben pagarse por anticipado (in advance) y desde el momento de realizar el pago hasta disponer de ellas para su procesamiento transcurren no menos de 90 días.

Las tasas de interés que actualmente se manejan en el mercado generan un resultado que no siempre es favorable para aumentar las utilidades.

Como consecuencia de esto, la problemática es que carecen de un presupuesto mediante el cual puedan estudiar y diagnosticar los cambios a realizar y el momento a realizarlos ni de políticas financieras frente a sus clientes.

3.1.4. Definición de acciones para mejorar las situaciones problemáticas

Como primer paso para resolver las situaciones problemáticas encontradas se propuso trabajar sobre los cinco objetivos indicados en Tabla 6:

Tabla 6 *Objetivos*

Aspecto	Objetivo
Organizacional	Definir funciones, definir delegaciones de autoridad / responsabilidad y dotar de tiempo a los integrantes del AE para sus actividades específicas, en el período julio- agosto 2016, de acuerdo con [20,22 y 24]
Investigación y Desarrollo	Estructurar calendarios para la programación de desarrollos y/o mejoras y terminar los desarrollos de nuevos productos que se encuentran en curso, en el período septiembre 2016- noviembre 2016, de acuerdo con [21 y 23]
Comercial	Ampliar y Diversificar el mercado, en el período diciembre 2016-marzo 2017
Producción	Definir las políticas de fabricación local end-to-end versus importar conjuntos semielaborados y ensamblarlos localmente. Determinar la conveniencia de mantener dos sedes, en el período febrero – abril 2017, de acuerdo con [24 y 25].
Económico-Financiero	Verificar los cálculos actuales de los costos de toda la empresa para mejorar posición económico-financiera, construcción de los presupuestos en función de las definiciones realizadas en los aspectos Comercial y Producción en el período febrero – septiembre 2017, de acuerdo con [23]

3.1.5. Logros alcanzados

Aspecto Organizacional: se desarrollaron alternativas de asignación de tareas y se planificó la transferencia de tareas operativas de Media y Baja Complejidad que realizaban los integrantes del AE al personal operativo.

Las tareas de Baja Complejidad serían transferidas en el corto plazo a los empleados, mientras que las de mediana complejidad serían transferidas luego de una evaluación de las capacidades de cada empleado para desarrollar las mismas, para luego seleccionarlos y capacitarlos previamente a su traspaso.

Para las tareas de Operativas de Alta Complejidad y en las Estratégicas, se realizó una evaluación de las habilidades de los integrantes del AE.

Se realizó un balance de actividades para cada integrante y se formalizó un listado de actividades no realizadas las cuales deberán ser realizadas en el futuro. Como consecuencia de este paso, se comienzan a formalizar las funciones a cumplir por cada uno de los integrantes del AE. Los integrantes del AED no pusieron trabas a las nuevas asignaciones de tareas demostrando tener un gran espíritu de mejora.

Aproximadamente cada seis semanas se hace un relevamiento del cumplimiento de lo pautado

Investigación y Desarrollo: En el período septiembre – noviembre de 2016, se estudiaron en detalle los productos que están desarrollando, se definieron los Ciclos de Vida, se estudiaron las cinco fuerzas de Porter para relacionarlos con los mercados potenciales y la competencia. Se hizo un ranking de productos en función de su grado de colocación en el mercado (TTM) y se desarrolló un calendario con hitos para cada uno de los proyectos, el que se encuentra implementado. Se definió que a partir de la finalización de la primera versión comercializable de un nuevo producto, se comenzarán a realizar contactos con potenciales clientes de los nuevos segmentos de mercado a los efectos de concretar la apertura de nuevas operaciones.

En enero de 2017 se terminó la primera versión comercializable del primer desarrollo en el calendario.

Comercial: En el mes de diciembre de 2016 se iniciaron contactos con actores de un nuevo segmento de mercado concretándose las primeras operaciones comerciales en el mes de marzo de 2017.

Se iniciaron estudios para incursionar en e-commerce, quedando la decisión de utilizar este canal de comercialización para el último trimestre de 2017.

Se analizaron distintas posibilidades como ser la generación de pack/combos para profundizar la penetración, definiendo ofertas por tiempo limitado de diferentes packs/combos que rotarán su oferta.

En el mes de abril de 2017, se realizó la primera operación comercial del nuevo producto (finalizado en enero 2017).

Aspecto Económico Financiero: En el mes de febrero 2017 se comenzó el trabajo para mejorar la posición Económico-Financiera

Se analizaron las posiciones arancelarias aduaneras de materias primas, productos semielaborados y productos terminados.

Se definieron políticas de producción versus importación de conjuntos semielaborados.

Se generaron presupuestos y se determinaron políticas de financiamiento de ventas.

Se determinaron lotes de compra al exterior, inversiones necesarias y necesidades de financiamiento.

3.2. Diseño e implementación de la Intervención Multi- metodológica en una PYME taller textil en el Noroeste de Argentina.

Partiendo de la premisa que todo estudio sistémico intenta aportar a la mejora de las situaciones problemáticas que se presentan en los procesos estratégicos y de gestión de pequeñas organizaciones, en el caso de la intervención en esta PYME, consideramos necesario conocer no solo sus características, sino también el contexto en el que se encuentra.

3.2.1. Contexto

La Pyme textil que reportamos en este estudio se encuentra ubicada en el extremo Noroeste de la República Argentina, zona que desde el punto de vista económico, es eminentemente agropecuaria, contrastando grandes extensiones de campos vs. numerosas pequeñas parcelas de subsistencia familiar. Existen pocas empresas medianas o grandes, subsidiarias de grupos internacionales y por el contrario es relevante la cantidad de micro y pequeños emprendimientos, tanto en el sector industrial como en el área de comercio y servicios, por lo que la supervivencia de las Pymes contribuye significativamente a la economía de la región.

Teniendo en cuenta estos aspectos, desde la Universidad y en particular desde un equipo de investigación interdisciplinario, se trabajó desde 1995 en micro y pequeñas organizaciones con el objetivo de detectar situaciones problemáticas y proponer metodologías para su superación. Desde el año 2010, el equipo de investigación de la Universidad comienza a trabajar de manera interactiva con los involucrados (stakeholders) de las organizaciones: gerentes, operarios, clientes, proveedores, y se pasa de una mirada específica a una mirada sistémica de la organización, por lo que surge la necesidad de la combinación de metodologías, para el abordaje de sus diferentes problemáticas en el contexto social y económico al que pertenecen. Se presentan en este trabajo, la metodología de abordaje y los resultados parciales de la intervención en una Pyme operando en el sector textil, trabajo iniciado desde la Universidad Nacional de Salta y continuado desde la Universidad de Belgrano.

3.2.2. Diseño de la Intervención

Esta empresa familiar funciona desde el año 2006, su staff lo componen cinco personas estables: dos en estrategia y gestión, una en administración y dos técnicos. La principal actividad es la confección y venta de distintos tipos de indumentarias, entre ellas uniformes escolares.

El objetivo de esta investigación-acción fue proponer mejoras a situaciones problemáticas en aspectos estratégicos y de gestión planteados por los stakeholders. Para ello y en base a la experiencia de los estudios de casos anteriores, se priorizó el trabajo interactivo. Se propuso una combinación de metodologías, de las áreas de IO Suave, Dura y de GC, considerando su potencialidad para proveer mejoras en los diferentes aspectos requeridos por la organización. Se trabajó bajo el esquema de [11] Mingers y Brocklesby, que considera tres dimensiones del problema: social, personal y material y cuatro fases o etapas

Tabla 7. Esquema de intervención de Mingers y Brocklesby

	<i>Fases necesarias</i>			
Dimensión del problema	Apreciación de características del problema	Análisis de estructuras y restricciones	Evaluación de	Definición de acciones para
Social	prácticas sociales, relaciones de poder	distorsiones, conflictos, intereses	vías para cambiar las estructuras existentes	generar empoderamiento y alineamiento
	<i>Entrevista- Check list-SSM (figura rica)</i>	<i>Workshop</i>		
Personal	creencias individuales, percepciones	diferencias entre las percepciones y las posturas racionales	conceptualizaciones y construcciones alternativas	generar predisposición y consenso
	<i>SSM (figura rica),</i>	<i>Diagrama de Procesos</i>		<i>5 S</i>
Material	evidencias físicas	estructuras causales	alternativas físicas y estructurales	seleccionar e implementar alternativas adecuadas
	<i>Entrevista- Check list-SSM (figura rica)</i>	<i>Diagrama causa-efecto</i>	<i>Método Análisis Modal de Fallas y efectos (AMFE)- Lay out-</i>	<i>Programación lineal – Decisión multicriterio</i>

Aclaración: En itálica los métodos aplicados

En los párrafos siguientes se analiza la aplicación ya realizada de algunas de las herramientas (el desarrollo de la totalidad excedería largamente la extensión permitida), en las diferentes fases, en base al esquema original de MyB, detalladas en la tabla 7.

3.2.3. Apreciación de las características del problema desde las dimensiones social, personal y material

En esta 1ª etapa se efectuó un diagnóstico general de la organización a fin de definir las situaciones problemáticas, tanto estratégicas como de gestión, a ser abordadas.

En la **entrevista** se relevaron:

-Los procesos en los que estaban interesados en recibir asistencia técnica/ capacitación agrupados en las áreas de gestión estratégica, ambiental, de la calidad, de las operaciones y del análisis económico-financiero.

-En cuanto a la gestión estratégica manifestaron el interés en realizar: diagnósticos empresariales, a través de herramientas tales como FODA y Diagrama de Porter; así como en innovación tecnológica, en gestión de procesos, de productos y TICS.

-En cuanto a la gestión de operaciones manifestaron el interés en realizar: Planeamiento a largo y mediano plazo (necesidad de recursos para demandas futuras), Planificación, programación y control de proyectos (diagnóstico y ejecución), Análisis de recursos (de la situación actual) y Situaciones (improductivas) de espera.

-En cuanto a la gestión de la calidad manifestaron el interés en avanzar en procesos de mejora continua y en metodología de trabajo en equipos.

La preocupación principal de la gerencia era la reducción de costos y el consecuente análisis de todos los procesos que inciden en ellos.

Mediante un **check list**, el entrevistado contestó por si/no a diferentes aspectos de su situación actual, en relación a:

-Procesos estratégicos, indicando que tenían definido misión y visión, no disponían de un manual de funciones ni de políticas de la calidad.

-Procesos operativos, indicando que tenían definido el organigrama, no disponían de un mapa de procesos, identificaban a sus proveedores y clientes y documentaban sus procedimientos.

-Procesos de mejora continua, indicando que no estaban en proceso de mejora ni de certificación y que no aplicaban herramientas de la calidad.

A partir de la **entrevista**, el **check list** y las visitas a la organización se elaboró la *Figura Rica* (Figura 2), herramienta del método suave de IO, denominado SSM

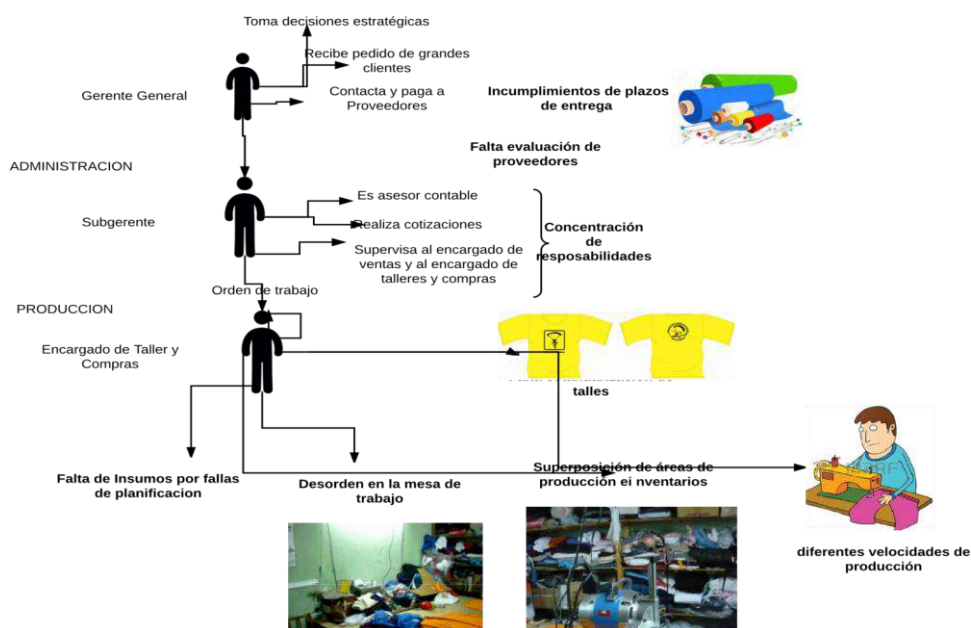


Figura 2 *Figura Rica*

En ella se observan las distintas funciones cumplidas por tres de las cinco personas de la organización, que son quienes concentran la mayor cantidad de responsabilidades; la relación jerárquica entre ellos y las principales problemáticas encontradas.

3.2.4. Análisis de estructuras y restricciones (Diagnóstico)

En esta segunda etapa se buscó estructurar el problema. Analizando la figura rica, fueron identificadas las situaciones problemáticas, en un proceso participativo entre los miembros de la organización y el equipo, las que se agruparon según su área de pertenencia: Producción o Administración y Ventas.

A continuación describimos la problemática en cada una de esas áreas.

Área de producción

Deficiencias en el proceso productivo relacionados con: la falta de insumos por fallas de planificación, la incorrecta distribución de las máquinas y las áreas de inventarios, el desorden en la mesa de trabajo, la variabilidad de los tiempos de fabricación de cada operario, la irregularidad en la terminación para un mismo producto y el incumplimiento de normas de seguridad e higiene.

Teniendo en cuenta la diversidad de problemas, se presenta a modo de ejemplo, el análisis para la problemática de los distintos tiempos de producción.

Mediante el **diagrama Causa – Efecto**, también llamada espina de pescado, o diagrama de Ishikawa, herramienta clásica de la Gestión de la Calidad, se analizaron, con la participación de los involucrados, las distintas causas que originan problemas en la confección de las prendas provocando demoras en la fabricación, cuellos de botella y uso ineficiente de los insumos.

Se observó y acordó que los distintos tiempos de producción para un mismo producto, tienen las causas asociadas a los factores: Instalaciones, Máquinas, Mano de Obra y Material. En

relación a las instalaciones se observó la falta de espacio, lo que ocasiona que existan sectores de depósito temporario de prendas en ejecución, dificultando la tarea de los operarios y el traslado de la producción en proceso. En relación a las Máquinas se observaron paradas de las mismas por desperfectos mecánicos. En cuanto a la mano de obra se observó que algunos operarios tenían mayor rapidez que otros para desarrollar la actividad, que utilizaban distintos métodos de costura, que se producían fallas humanas lo que evidenciaba una falta de capacitación. En cuanto al material se detectó que no todas las piezas están cortadas en el momento de la confección, algunas de ellas tenían fallas y existían hilos de mala calidad.

Teniendo en cuenta la diversidad de *causas* que motivaban los diferentes tiempos de producción de los operarios, se tuvieron en cuenta sus opiniones, como las del responsable del taller de corte y confección y la instancia superior del subgerente a fin de acordar una *ponderación* de las mismas para establecer su nivel de importancia relativa.

Pudo observarse que los criterios principales que interfieren con los distintos tiempos de producción son la falta de capacitación, la que se puede trabajar con sistemas de capacitación apropiados para la tarea. En cuanto a las diferentes habilidades de las personas, es un factor difícil de controlar, pero que puede mejorar a través de la capacitación y la experiencia.

Área administración y ventas

Se observó incumplimientos con los clientes, manifestados a través de quejas de los mismos o pérdidas de ventas. Como puede observarse en la figura rica existen problemas de distribución del espacio físico del salón de ventas, ya que es muy reducido, existiendo inventarios de productos terminados, pero también de algunos insumos, más el taller de bordado en un lugar contiguo al mismo. También se nos informó del incumplimiento de algunos proveedores, motivada en parte por una planificación inadecuada de las compras.

Se relevó información de los seis proveedores con que habitualmente se relaciona la organización. Tanto el Subgerente como el Encargado de Taller y Compras centralizan bajo su responsabilidad, muchas actividades.

3.2.5. Valoración/Comparación

En esta etapa se priorizaron y analizaron las situaciones problemáticas. De todos los problemas anteriores, se acordó la selección de aquellos considerados prioritarios por los involucrados y que además fueran viables tanto técnica como económicamente. Continuando con el problema de los distintos tiempos de producción y estandarización de talles se aplicó un método propio de la Gestión de la Calidad, *el Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMFE)*, a fin de analizar posibles fallas en el proceso de producción o el producto. Se aplicó esta herramienta, en su versión sistémica de procesos, ya que analiza distintas operaciones para la definición del sistema bajo observación. Describe para diferentes funciones o ítems, en este caso los insumos de una prenda, los modos potenciales de falla que puedan presentar, los efectos que producen, sus causas potenciales y los métodos de control en ejecución. Luego establece tres índices: de Severidad de la falla, de Ocurrencia de la misma y de No detección. Todos varían de 1 a 10, siendo 1 la condición más favorable y 10 la más desfavorable. Se efectúa la multiplicación de los tres para cada causa potencial, correspondiendo poner la atención en los resultados más elevados, ya que cuanto más alto el indicador, más comprometida la situación.

El incorrecto armado de las prendas, que se manifiesta en prendas defectuosas y demoras en la producción, tiene origen en fallas humanas; por lo que se promueve la capacitación y el control de la misma. El corte de hilo que demora la confección tiene varias causas, siendo la principal la falta de experiencia del operario, que se controlará mediante capacitación y control de resultados de la misma.

Las telas mal cortadas que resultan en diferentes medidas para un mismo talle se originan fallas en el corte. Se propone verificar las medidas de los moldes.

3.2.6. Definición de acciones para mejorar la situación problemática

La situación problemática se trabajó a diferentes niveles de la organización. En los siguientes párrafos describimos las mejoras que se sugirieron introducir.

En el área de Administración

En cuanto a los procesos estratégicos, se mejoró la propuesta de la visión y misión de la organización y se propuso un nuevo organigrama y manual de funciones.

En cuanto a los procesos operativos, para la problemática de falta de evaluación de los proveedores (Problemas en el local comercial) se aplicó la metodología de **Decisión multicriterio**: ya que, de acuerdo a lo manifestado por los stakeholders, en la industria de indumentaria es fundamental tener una cartera de proveedores confiable, que responda adecuadamente a los requisitos de calidad demandados por el cliente.

Por ello se realizó, con los involucrados, un análisis y posterior evaluación de los proveedores de la empresa, a la luz de distintos criterios: Tiempo de entrega, Calidad, Precio, Servicio, Distancia del proveedor, Variedad de productos y Disponibilidad de productos. Se diseñaron escalas de 1 a

3, indicando el valor más alto, la situación más favorable. Quedaron así seleccionados dos proveedores por ser los que sobresalen del resto. Se destacan por la calidad, variedad y disponibilidad de sus productos. Con este análisis desarrollado la empresa puede decidir el proveedor adecuado y poder sacar una ventaja competitiva al conocer las características de sus proveedores y como inciden en la organización no solo aspectos como el precio y la calidad).

Para proponer mejoras en los problemas de distribución se aplicó la **Reglas de 5S**, tanto en el local comercial como en los depósitos y talleres, que indica: SEIRI (Se Despeja): Elimine los objetos que no sean necesarios. SEISO (Se Limpia): Limpie el lugar de trabajo. SEITON (Se Organiza): Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar. SEIKTETSU (Se Estandariza): Establezca los estándares. SHITSUKE (Se Sostiene en el Tiempo): Mantenga los estándares. Se aplicaron estas reglas para el Local Comercial y para el Taller de Cerrillos con el fin de establecer orden y disciplina básicos en el lugar de trabajo, mejorar el ambiente laboral, eliminar el desperdicio producido por desorden, ordenar los productos terminados y en proceso, reducir pérdidas de tiempo por falta de orden.

En el área de Producción

Para la planificación de la producción se tomaron los datos para aplicar un modelo de **Programación Lineal**. Este permitió determinar el plan de producción de remeras escolares, que minimice los costos de fabricación, teniendo en cuenta restricciones de demanda, capacidad de producción del taller y espacio disponible del salón de ventas. Los resultados obtenidos validaron el plan de producción en ejecución.

3. CONCLUSIONES.

En este artículo hemos argumentado que el uso de varias metodologías, métodos y técnicas en combinación conjunta marca una tendencia en la actualidad dentro de la Ingeniería Industrial.

En la primera aplicación, los cambios generados en la PyME familiar productora de sistemas de porteros eléctricos desde el inicio de la intervención hasta el presente, relevan que el aporte recibido les ha permitido evolucionar desde varios aspectos.

En palabras de los integrantes del Ápice Estratégico:

El poder “PENSAR LA EMPRESA” hace que la toma de decisiones se realice enfocándola desde varios puntos de vista.

El tener funciones definidas, hace que se pueda conocer el valor que cada eslabón de la empresa hace por ella y qué es lo que no puede dejar de hacerse.

Tener más tiempo disponible para “HACER LO QUE TENEMOS QUE HACER” para que la empresa crezca es invaluable.

Haber abierto un nuevo segmento de mercado era impensable no hace tanto tiempo.

Haber validado y corregido la forma de costear los productos hace más previsible las problemáticas que pueden presentarse en el corto plazo.

Saber presupuestar y poder acotar la incertidumbre ha generado un cambio en la visión con que mirábamos el futuro.

Sin duda que, para una PyME, contar con herramientas, enfoques y criterios que provienen de diversas áreas que la Ingeniería Industrial utiliza en el desarrollo habitual de sus labores, le permite trazar un camino hacia su desarrollo futuro y que el mismo sea factible.

Esta intervención puede replicarse en otras PyMEs y complementarse con otras disciplinas que en este caso no han sido utilizadas en todo su potencial como ser: Logística, Gestión de Calidad, etc.

En la segunda aplicación, usando como base el esquema de [15] Mingers y Brocklesby el artículo reporta los resultados parciales de una intervención sistémica efectuada en Salta en una Pyme que opera en el sector textil. Es interesante destacar la potencialidad del enfoque sistémico a la luz de un caso real, como es el de esta empresa textil. Cuando se la estudió con un enfoque desde la IO dura, y teniendo en cuenta la prioridad de los stakeholders de disminuir costos; se relevó una problemática en la planificación de la producción, la que pudo ser abordada a través del desarrollo y aplicación de la Programación Lineal. Cuando se la estudió desde un enfoque de Mejora Continua y Gestión de la Calidad, pudieron detectarse diferentes situaciones a mejorar, así como las causas que las ocasionaban; tales como los diferentes tiempos de elaboración para un mismo producto o el incumplimiento de algunos proveedores.

El enfoque sistémico, con participación más activa de los stakeholders, permitió relacionar las diferentes situaciones problemáticas (figura rica) detectadas, en las diferentes dimensiones planteadas por [15] y definir planes de acción para modificar las causas que las generan. Esto se potencia, por cuanto una misma causa, por ejemplo la falta de capacitación, incide en más de una situación problemática: distintos tiempos de fabricación (Diagrama Causa-Efecto) y mal armado de las prendas (AMFE). Es decir que si se generan acciones para subsanar esta deficiencia se contribuye a la solución de más de un problema; criterio que se sugirió a la organización para comenzar su plan de acción.

El uso de herramientas de fácil comprensión para los involucrados, aumenta las posibilidades de darle continuidad a la propuesta y de que la misma organización pueda continuar el esquema de mejora sin el acompañamiento del equipo de investigación.

En cuanto al trabajo de campo desarrollado es importante señalar, por un lado, que se aplicaron más herramientas que las aquí descritas; indicándose en este trabajo una secuencia de las mismas como ejemplo de la actividad.

4. REFERENCIAS.

- [1] Hillier y Lieberman (2004). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Ed. Mc.Graw Hill
- [2] Chase, Aquilano, Jacobs (2000). *Administración de producción y operaciones*. Ed. Mc Graw Hill
- [3] Castellini M.A, Villanueva B., Paiva M. (2007). Las Normas de Calidad: Valor Agregado en el Perfil del Egresado de Ingeniería Industrial-. XXVII Jornadas IRAM –Universidades, XV Foro UNILAB y IV Foro GESCAL. Universidad Nacional de Santiago del Estero
- [4] Molina V., F, Castellini M.A. (2007). *Simulación de Procesos de una Industria Apícola*. Revista de Ingeniería Industrial. Ed. Facultad de Ingeniería de la Universidad del Bío-Bío. Concepción – Chile. 6 (1), 95 – 108. ISSN 0717-9103
- [5] Juran, J.M., Gryna F.M. (2000). *Análisis y Planeación de la Calidad*. Ed. Mc. Graw Hill
- [6] Villanueva B, Castellini M.A Capítulo de libro: *Capacitaciones y Asistencias Técnicas-Sistema de Gestión de la Calidad*. Libro Enseñar a Emprender: Manual para promotores del microemprendedorismo- Autores: Ctchintian C., Pieske V. pp 95 a 103. ISBN: 978-987-1479-15-3 Ed. Fundación CIPPEC.2010
- [7] Checkland P. (1981). *Systems Thinking, Systems Practice*. John Wiley: Chichester
- [8] Silva Barros P., Castellini M.A., Neyra B.M.C. Parte II. Cap. 8 *Soft Systems Methodology for Improvements in a Program of Urban Food Harves* Aplicación de Multimetodologías para la gestión y Evaluación de Sistemas Socio-Técnicos- Compiladores: Zanazzi, JL; Alberto, C; Carignano, C. E. ISBN 978-987-1436-73-6. Ed. AC FCE UNC. 2013
- [9] Georgiou I. (2011). *Multimethodology through structural complementarity: Using SODA Mapping in Soft Systems Methodology*. European Journal of Operational Research.
- [10] Franco, L. A., & Lord, E. (2011). *Understanding multi-methodology: Evaluating the perceived impact of mixing methods for group budgetary decisions*. Omega, 39(3), 362-372. Elsevier. doi: 10.1016/j.omega.2010.06.008.
- [11] Mingers, J. & Brocklesby J. (1997). *Multimethodology: towards a framework for mixing methodologies*. Omega, Int. J. Mgmt Sci., 25 (5), 489-509, Elsevier Science Ltd.
- [12] Castellini M.A., Rojo H Neyra Belderrain, M.C. (2012). *Multimethodology in a microenterprise* Proceedings Group Decision and Negotiation, Recife, Brasil.. Volumen I pp 220-224- ISBN 978-85-415-0035-7
- [13] Castellini M. Alejandra, Rojo H., Belderrain C. (2013). *Applications of Multimethodologies at the Northwest of Argentina*. Abstract EURO-INFORMS MMXIII- 26TH European Conference on Operational Research- Rome, 4 July
- [14] Pontelli D., Conforte J., Zanazzi J. L., Castellini M.A., Dimitroff M., Massari P. (2013) Una aplicación de las multimetodologías a la estructuración de un problema complejo. Abstract ENDIO
- [15] Franco L.A., Montibeller, G. (2010). *"On the spot" Modelling and analysis: The facilitated Modeling Approach*. Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science, J.Wiley & Sons.
- [16] Braidot et al. (2003). *Desarrollo de una metodología de diagnóstico para empresas PyMEs industriales y de servicios: Enfoque basado en los sistemas de administración para la Calidad*. Instituto de Industria –UNGS
- [17] Pérez Uribe et al. (2009). *Modelo de Modernización para la Gestión de Organizaciones (MMGO)*. Reseñas bibliográficas Bogotá, 238-242
- [18] Saavedra García (2012). *Una propuesta para la determinación de la competitividad en la pyme latinoamericana*. Ed. Pensamiento & Gestión
- [19] Cauchick M., et al. (2012). *Metodología de pesquisa em Engenharia de Produção e gestão de operações*. Ed. Elsevier.
- [20] Mintzberg, Henry (2000). *Diseño de las organizaciones efectivas*. Ed. El Ateneo
- [21] Porter, Michael La Cadena de Valor (2016) ISBN 9782806274908 Ebook
- [22] Tanzer, Pablo (2012). *Estructura Organizativa de las empresas* ISBN 13: 978-987-1871-02-5 Nueva Librería
- [23] Horngren, Charles Datar, Srikant Foster, George (2007) *Contabilidad de Costos – un enfoque gerencial* ISBN 978-970-226-0761-8 Pearson
- [24] Johnson, Gerry Scholes, Kevan Whittington, Richard (2006) pp 59-231 *Dirección Estratégica* ISBN 978-84-205-4618-6 Pearson
- [25] Drucker, Peter (1999) Los desafíos de la administración en el siglo XXI. ISBN 950-07-1655-0 Editorial Sudamericana.

Mejora de la Competitividad en Sistemas de Producción PyME aplicando Teoría de Restricciones

Fornari Javier Fernando; Odetto Fabio Marcelo; Gauchat Estefanía; Viola Ariel
Matías

*UTN Facultad Regional Rafaela
Acuña 49, 2300 Rafaela, Santa Fe
javier.fornari@frra.utn.edu.ar*

RESUMEN

La industria Pyme en Argentina se ha desarrollado de manera exponencial y dicho crecimiento ha superado las capacidades instaladas por lo cual debemos mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos disponibles para ordenar y seguir ganando mercado de manera sustentable y competitiva. Por lo cual se propone analizar esta problemática mediante el modelo de simulación basado en La Teoría de restricciones (TOC), filosofía creada por el Dr. Eliyahu M Godratt a principios de los 80. De esta manera brindaremos a nuestras empresas una herramienta que permite tomar decisiones y determinar futuras inversiones justificadas por un método efectivo, logrando mayor rentabilidad y nivel de servicio. Se analizará un caso particular para aplicar el método, identificado una línea de producto estándar, cuyos valores de demanda se ha incrementado y para satisfacer dicha proyección se deben realizar cambios en el proceso productivo.

Palabras Claves: Teoría de restricciones (TOC), Pyme (Pequeña y mediana empresa);

ABSTRACT

The SME industry in Argentina has developed exponentially and this growth has surpassed the installed capacities so we must improve the efficiency in the use of available resources to order and continue to win the market in a sustainable and competitive way. Therefore, it is proposed to analyze this problem through the simulation model based on Theory of Constraints (TOC), a philosophy created by Dr. Eliyahu M Godratt in the early 1980s. In this way we will offer our companies a tool that can make decisions and determine future investments justified by an effective method, achieving greater profitability and service level. A particular case will be analyzed to apply the method, identified a standard product line, whose demand values have increased and to satisfy the projection changes made in the production process.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realizó mediante un modelo de simulación aplicando la filosofía de Teoría de restricciones, considerando una de las líneas de productos con capacidad insuficiente. Buscando alternativas o escenarios a simular para mejorar el nivel de servicio y obtener una ventaja competitiva. En primera instancia se relevó las condiciones de demanda y capacidad actuales para determinar la situación inicial. En segunda instancia se definirá el valor objetivo a alcanzar y luego se procederá a simular aplicando variantes en el proceso para obtener los resultados deseados.

2. OBJETIVOS

El objetivo general del proyecto es identificar y plantear oportunidades de mejora a limitaciones de capacidad en el sistema productivo de una Pyme. Para esto se desarrolló un modelo de simulación aplicando conceptos de teoría de restricciones, en el cual se resume las incorporaciones o modificaciones a implementar.

3. MARCO TEÓRICO

Eliyahu Goldratt [1] en 1986 buscaba conformar un nuevo cuerpo teórico que sirviese para mejorar la gestión de todos los subsistemas de cualquier tipo de organización, ya fuese industrial o de servicio. Para ello siguió el mismo esquema de análisis que ya utilizaba OPT "Tecnología de producción optimizada" que era descubrir las Limitaciones del sistema y hacer girar todo el proceso de gestión en base a ellas. A la teoría que creó le dio el nombre de "Teoría de las Limitaciones" (TOC: Theory of Constraints)

3.1 La teoría de las limitaciones

Se deben identificar dos características fundamentales, la primera es la estructura jerárquica piramidal y la segunda es la configuración organizacional como una sucesión de acciones en cadena. La TOC parte de la idea de que el rendimiento de cualquier cadena siempre está determinado por la fuerza de su eslabón más débil, por lo que los directivos debían dedicar esfuerzos a localizarlos y enfocar la dirección global de la empresa en base a ellos. Estos eslabones son denominados limitaciones del sistema y se definen como las partes débiles de la organización que le impiden acercarse a la meta. Para lograr un proceso de mejora continua en la búsqueda por alcanzar los objetivos, determino que se debía seguir los siguientes pasos:

1. **Identificar las limitaciones del sistema:** Son aquellos recursos que por su escasa disponibilidad limitan el rendimiento global del sistema, estos deben ser explotados al máximo, aprovechando toda su capacidad.
2. **Decidir cómo explotar las limitaciones:** Eliminar cualquier causa de tiempo improductivo de la limitación en cuestión.
3. **Subordinar todo a las decisiones adoptadas en el paso anterior:** Se debe tener conciencia en que estas limitaciones representan un pequeño porcentaje de los recursos totales de la organización. Pero una determinada Limitación puede verse obligada a parar su trabajo, si los recursos no limitados no le suministran los componentes que necesita; o en sentido contrario, también es perjudicial si los recursos no son limitados para esa operación ya que superan la capacidad que puede llegar a procesar. Debe encontrarse un punto medio entre ambos.
4. **Elevar la limitación:** Esto significa superar las restricciones marcadas por la falta de capacidad, una vez mejorada la utilización de la limitación o de haber incrementado su capacidad. Pero ello no constituye, el final del proceso de mejora continua perseguido, ya que luego de esto aparecerá una limitación en algún otro lugar de la organización.
5. **Si en los pasos previos se ha roto una limitación hay que volver al primer paso:** Pero no hay que permitir que la inercia provoque una LIMITACIÓN al sistema. El proceso debe estar acompañado del deseo de cambio de todos los miembros de la organización ya que esto conducirá a cualquier empresa a una mejora continua.

3.2 Principios básicos del sistema de restricciones

Regla 1: no se debe equilibrar la capacidad productiva, si no el flujo de Producción. (Debe estar relacionado al cuello de botella).

Regla 2: la utilización de un recurso no cuello de botella no viene determinado por su propia capacidad, si no por alguna otra limitación del sistema.

Regla 3: la utilización y la activación de un recurso no son la misma cosa.

Regla 4: una hora perdida en un cuello de botella, es una hora que pierde todo el sistema.

Regla 5: una hora ganada en un recurso no cuello de botella, es un espejismo.

Regla 6: los cuellos de botella rigen tanto el inventario como la facturación del sistema.

Regla 7: el lote de transferencia puede no ser, y de hecho muchas veces no debe ser, igual al lote en proceso.

Regla 8: el lote de proceso debe ser variable a lo largo de su ruta y también en el tiempo.

Regla 9: las prioridades solo se pueden fijar teniendo en cuenta simultáneamente todas las limitaciones del sistema. El tiempo de fabricación es un derivado del programa.

3.3 Sistema DBR “EL TAMBOR (Drum), EL CONCHÓN (Buffer) Y LA CUERDA (Rope)”

En este caso, en función de [3] se definen los conceptos básicos. Tambor: Este elemento representa el tiempo de producción dictado por el proceso-restricción. Los demás procesos deben respetar este ritmo para evitar que se generen atascos o vacíos que perjudiquen el desenvolvimiento del plan establecido. Cabe señalar que el ritmo dictado por el 'tambor' corresponde al tiempo planificado para la máxima explotación del recurso-restricción, por lo que no puede ser alterado. Colchón: Para evitar que pequeños desfases afecten el ritmo determinado por el proceso-restricción se utilizan amortiguadores, son calculados como medidas de tiempo. El objetivo es evitar que, en ninguna circunstancia, el proceso-restricción tenga que detener sus funciones. Cuerda: La cuerda representa el programa de liberación de materiales, también llamado 'inicio de operaciones'. La velocidad con la que los materiales son liberados debe estar alineada con el ritmo de los procesos, determinado por el proceso restricción.

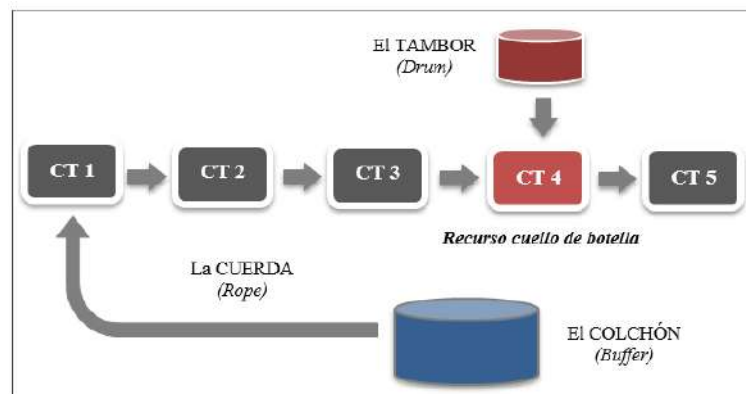


Figura 1 Diagrama esquemático de un sistema DBR

El modelo DBR tradicional está diseñado para regular el flujo del trabajo o producto-en-proceso a través de la línea de producción. Para lograr este flujo óptimo, las entradas de órdenes de trabajo en la producción se sincronizan con la velocidad de la parte con menor capacidad del proceso, llamado el recurso con capacidad restringida (CB).

3.1.2 Programación de un DBR

- Programar el trabajo del CB (CT3), tener en cuenta su limitación de capacidad y los datos de la demanda que debe cubrir (pedido B). Se debe proteger la fecha de entrega a los clientes con la creación de un colchón de tiempo de envíos (BE) por lo que el CB deberá comenzar su trabajo con una antelación igual al (BE). El tamaño de los lotes de procesamiento de los recursos CB no será el mismo en todos los casos, sino que será función del propio Programa maestro a realizar.
- Programación de los recursos no limitados que siguen en la secuencia de operaciones al CB y que, por tanto, utilizan componentes ya procesados por el (CT2, CT1 Y Sub-montaje B).
- Programación de los recursos no limitados que anteceden en la secuencia de operaciones al CB y que, por tanto, le suministran componentes (CT4 y CT5).
- Programación de los recursos que, si bien no tiene conexión directa con el CB, fabrican ítems que, posteriormente, se unirán a otros procesados por este para componer un producto ensamble (CT6, CT7 y CT8).

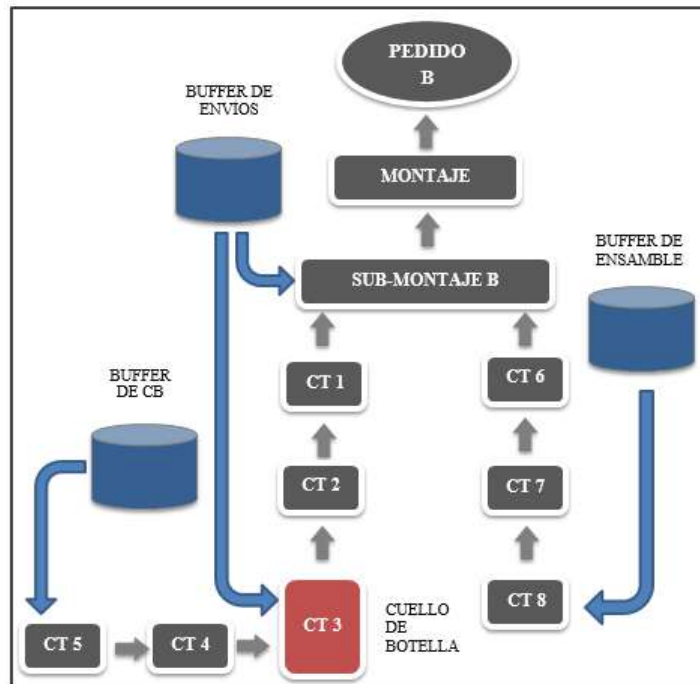


Figura 2 - Ejemplo de un sistema DBR.

Por complicada que sea la planta, siempre se seguirá el proceso mencionado, por lo que, con estas sencillas reglas, se puede programar cualquier sistema complejo, aunque debido a una profusión de datos será necesaria la utilización de un ordenador.

4. DESARROLLO

De acuerdo con la proyección de demanda, se detectó un potencial de crecimiento del 17%, la cual obedece a la incorporación de un producto determinado en nuevos mercados. Desde la gerencia comercial pretenden aprovechar esta oportunidad, por lo cual es necesario aumentar la productividad en determinada línea de producción y alcanzar el objetivo con los recursos actuales. Debemos analizar los puntos débiles o restricciones del sistema y hacer un uso eficiente de dichos recursos. A partir de los valores iniciales se establece el objetivo a alcanzar. (Ver figura 3)

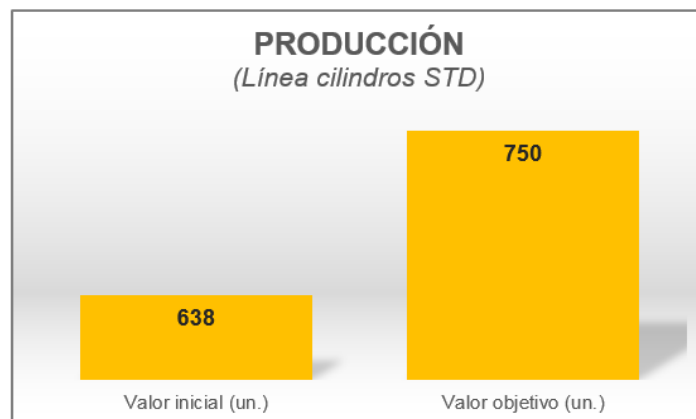


Figura 3 - Valores de demanda actual y objetivo

De acuerdo a los datos relevados y en concordancia con la proyección de producción requerida para el próximo período, detallamos la siguiente tabla con valores de producción mensual.

Tabla 1

Indicadores de referencia (Parámetros)	Valores iniciales	Valores Objetivos
Producción total en LINEA STD	638 un.	750 un.
Tiempo de operación (Top_ct2)	15 min	-

Se muestra imagen ilustrativa del producto a desarrollar, Cilindro hidráulico estándar Línea STD.

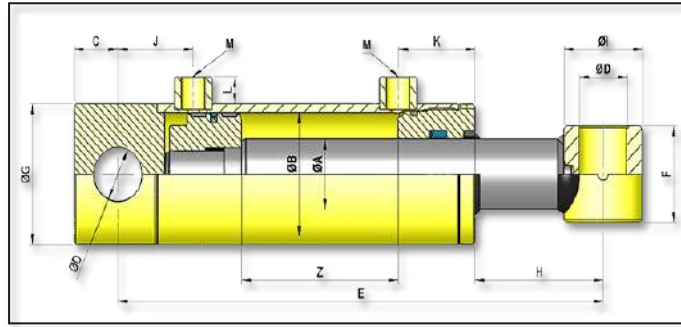


Figura 4 – Cilindro hidráulico estándar

4.1 Descripción del modelo de simulación

El modelo de simulación se desarrolló con el software Promodel [2], en donde se utilizaron varias entidades, sus atributos, locaciones y variables del sistema. Las entidades son los productos o en este caso el producto en cuestión a analizar que fluye a lo largo del proceso a simular representa los flujos de estrada de un sistema, éste es el elemento responsable de que el estado del sistema cambie. Las locaciones representan los puestos de trabajo estáticos en los cuales las entidades son transformadas o a la espera de serlo, forman colas o pasan por un proceso de decisión siguiendo el proceso predefinido. El modelo de simulación consta de varios tipos de locaciones que incluyen máquinas para el procesamiento de entidades o colas de espera, almacenes, estaciones de inspección, etc. Los atributos son características de una entidad, son útiles para diferenciar entidades sin necesidad de generar una entidad nueva, y pueden adjudicarse al momento de la creación de la entidad, o asignarse y/o cambiarse durante el proceso. Las variables son condiciones cuyos valores se crean y modifican por medio de ecuaciones matemáticas y relaciones lógicas. Pueden ser continuas (por ejemplo, el costo promedio de operación de un sistema) o discretas (por ejemplo, el número de unidades que deberá empacarse en un contenedor). Las variables son muy útiles para realizar conteos de piezas y ciclos de operación, así como para determinar características de operación del sistema.

4.1.1 Modelo de simulación

A continuación, se ilustra la secuencia de fabricación de acuerdo con el relevamiento realizado, considerando las líneas de producción internas designadas con los centros operativos de trabajo y los almacenes de productos comerciales de proveedores externos. (Ver figura 5)

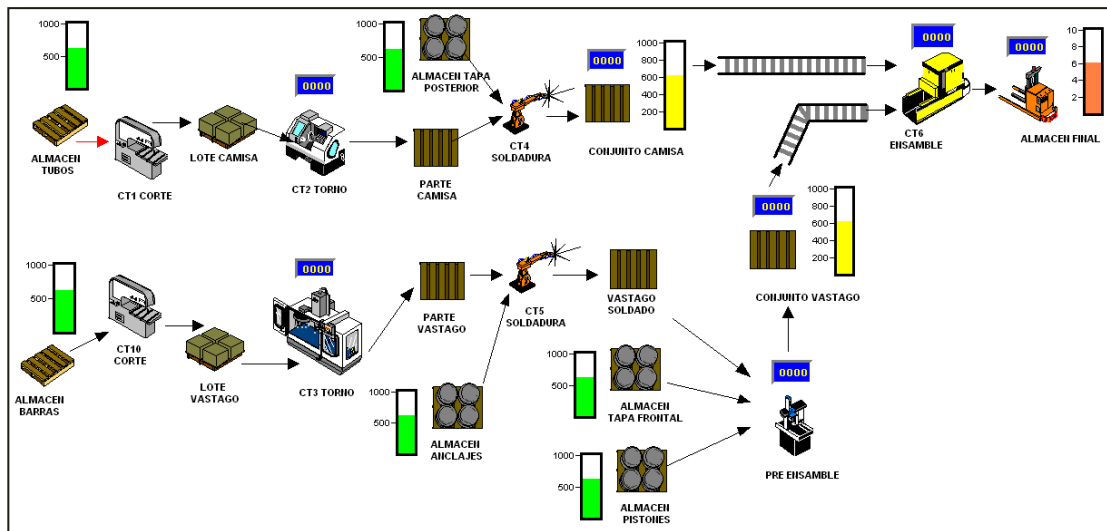


Figura 5 - Diagrama de proceso esquemático.

4.1.2 Análisis de resultados

Se realizó 5 iteraciones de 160 horas productivas (Ver tabla 2), de esta manera cubrimos un periodo de trabajo estándar. Verificamos las condiciones iniciales de producción, identificamos la capacidad de la línea y su restricción en CT2_TORNO (Ver figura 6), la cual deberemos enfocar los esfuerzos para mejorar su productividad. Además, se detallan en valores porcentuales la utilización de máquina (% Operation) y su tiempo ocioso porcentual (% Idle) (Ver figura 7)

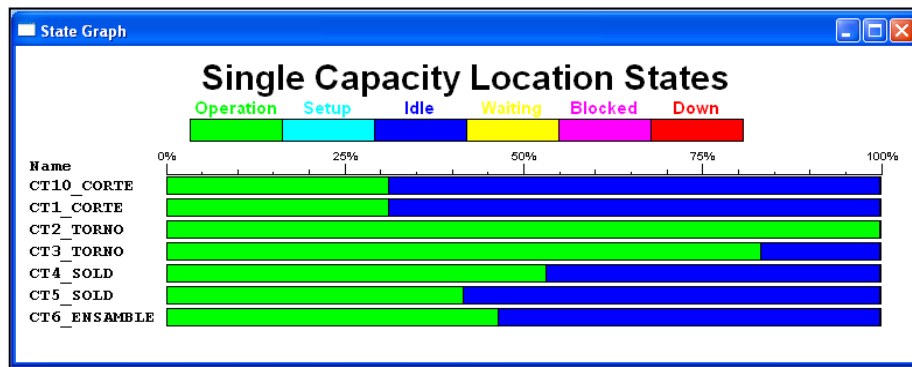


Figura 6 - Carga de trabajo en estaciones operativas.

Location Name	Scheduled Hours	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
CT10 CORTE	160	31.25	0.00	68.75	0.00	0.00	0.00
CT1 CORTE	160	31.25	0.00	68.75	0.00	0.00	0.00
CT2 TORNO	160	99.97	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
CT3 TORNO	160	83.33	0.00	16.67	0.00	0.00	0.00
CT4 SOLD	160	53.25	0.00	46.75	0.00	0.00	0.00
CT5 SOLD	160	41.67	0.00	58.33	0.00	0.00	0.00
CT6 ENSAMBLE	160	46.56	0.00	53.44	0.00	0.00	0.00

Figura 7 - Porcentaje de operación por estaciones de trabajo.

Tabla 2

ITERACIÓN	TIEMPO (min.)	PRODUCCIÓN (un.)
IT_1	15	638
IT_2	14,5	660
IT_3	14	684
IT_4	13	737
IT_5	12,7	754

A continuación, se detallan las condiciones *iniciales* (Ver figura 8) y posteriores (Ver figura 9) a la mejora en la restricción, obteniendo los siguientes resultados.

LOCATIONS								
Location Name	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Average Minutes Per Entry	Average Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Util
ALMA TUBO	160	1000	1000	1498.50	156.09	999	0	15.61
CT10 CORTE	160	1	1000	3.00	0.31	1	0	31.25
CT1 CORTE	160	1	1000	3.00	0.31	1	0	31.25
LOTE CAMISA	160	1000	1000	5023.62	523.29	800	360	52.33
LOTE VASTAGO	160	1000	1000	2497.50	260.15	625	0	26.02
CT2 TORNO	160	1	640	14.99	0.99	1	1	99.97
CT3 TORNO	160	1	1000	8.00	0.83	1	0	83.33
CT4 SOLD	160	1	639	8.00	0.53	1	0	53.25
CT5 SOLD	160	1	1000	4.00	0.41	1	0	41.67
CT6 ENSAMBLE	160	1	639	6.99	0.46	1	1	46.56
ALMA ANCLAJE	160	1000	1000	4007.00	417.39	1000	0	41.74
ALMA PISTON	160	1000	1000	4011.00	417.81	1000	0	41.78
ALMA TAPAFRONTAL	160	1000	1000	4011.00	417.81	1000	0	41.78
ALMA TAPAPOSTERIOR	160	1000	1000	6534.71	680.7	1000	361	68.07
ALMA FIN	160	10	638	0.00	0	1	0	0.00
CONJUNTO CAMISA	160	1000	639	0.00	0	1	0	0.00
VASTAGO SOLDADO	160	1000	1000	0.00	0	1	0	0.00
PARTE CAMISA	160	1000	639	0.00	0	1	0	0.00
PARTE VASTAGO	160	1000	1000	0.00	0	1	0	0.00
ALMA BARRA	160	1000	1000	1498.50	156.09	999	0	15.61
PRE ENSAMBLE	160	100	1000	5.00	0.52	1	0	0.52
CONJUNTO VASTAGO	160	1000	1000	2466.83	256.96	461	355	25.70
LINEA VASTAGO	160	100	645	88.69	5.95	6	6	89.03
LINEA CAMISA	160	100	639	0.33	0.02	1	0	0.27

Figura 8 - Detalle de centros de trabajo – condiciones iniciales

LOCATIONS								
Location Name	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Average Minutes Per Entry	Average Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Util
ALMA TUBO	160	1000	1000	1498.50	156.09	999	0	15.61
CT10 CORTE	160	1	1000	3.00	0.31	1	0	31.25
CT1 CORTE	160	1	1000	3.00	0.31	1	0	31.25
LOTE CAMISA	160	1000	1000	4467.62	465.37	764	244	46.54
LOTE VASTAGO	160	1000	1000	2497.50	260.15	625	0	26.02
CT2 TORNO	160	1	756	12.69	0.99	1	1	99.97
CT3 TORNO	160	1	1000	8.00	0.83	1	0	83.33
CT4 SOLD	160	1	755	8.00	0.62	1	0	62.92
CT5 SOLD	160	1	1000	4.00	0.41	1	0	41.67
CT6 ENSAMBLE	160	1	755	6.99	0.54	1	1	54.98
ALMA ANCLAJE	160	1000	1000	4007.00	417.39	1000	0	41.74
ALMA PISTON	160	1000	1000	4011.00	417.81	1000	0	41.78
ALMA TAPAFRONTAL	160	1000	1000	4011.00	417.81	1000	0	41.78
ALMA TAPAPOSTERIOR	160	1000	1000	5978.71	622.78	1000	245	62.28
ALMA FIN	160	10	754	0.00	0	1	0	0.00
CONJUNTO CAMISA	160	1000	755	0.00	0	1	0	0.00
VASTAGO SOLDADO	160	1000	1000	0.00	0	1	0	0.00
PARTE CAMISA	160	1000	755	0.00	0	1	0	0.00
PARTE VASTAGO	160	1000	1000	0.00	0	1	0	0.00
ALMA BARRA	160	1000	1000	1498.50	156.09	999	0	15.61
PRE ENSAMBLE	160	100	1000	5.00	0.52	1	0	0.52
CONJUNTO VASTAGO	160	1000	1000	1911.88	199.15	365	239	19.92
LINEA VASTAGO	160	100	761	75.06	5.95	6	6	88.90
LINEA CAMISA	160	100	755	0.33	0.02	1	0	0.31

Figura 9 - Detalle de centros de trabajo – condiciones finales

4.1.3 Resumen

En la siguiente tabla describimos los valores alcanzados (Ver tabla 3)

Tabla 3		
Centro de trabajo		
Restricción en estación: CT2 TORNO		
Indicadores de referencia (Parámetros)	Valores iniciales	Valores Objetivos
Producción total en LINEA STD	638 un.	754 un.
Tiempo de operación (Top_ct2)	15 min.	12,7 min.
Resultados		
TIEMPO OPERACIÓN CT2 = 12,7 min		PRODUCCIÓN TOTAL LINEA STD = 754 un.

5. CONCLUSIONES.

Consideramos viable la implementación de los cambios realizados para obtener los resultados objetivos, podemos asegurar un aumento de productividad respecto de los valores actuales. De esta manera al identificar restricciones tenemos la oportunidad de generar modificaciones para aumentar la eficiencia del sistema y poder tomar decisiones con bases objetivas, pudiendo establecer parámetros a medir, como así también realizar el seguimiento simple y efectivo. Estamos convencidos del potencial de las industrias Pymes en Argentina, las cuales tienen un largo camino por recorrer. Desde nuestro lugar podemos aportar a dicho crecimiento a través de desarrollos de simulación para los sectores productivos y de servicios inclusive. Debemos aplicar el conocimiento para agregar valor a los procesos y lograr re potenciar la industria, brindando una herramienta útil para la gestión.

6. REFERENCIAS.

- [1] Goldratt, Eliyahu M; Cox, Jeff. (2014). *La meta un proceso de mejora continua*, Tercera edición. Editorial Granica, Impreso en México.
- [2] García Dunna, Eduardo; García Reyes, Heriberto; Cárdenas Barrón, Leopoldo Eduardo. (2006). *Simulación y análisis de sistemas con Promodel*, Pearson Educación de México. Primera edición. Editorial Pearson Educación. Impreso en México.
- [3] Krajewski, Lee J; Ritzman, Larry P. Malhotra, Manoj K. (2008). *Administración de operaciones, procesos y cadenas de valor*, Pearson Educación de México. Octava edición. Editorial Pearson Educación. Impreso en México.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rafaela; como así también a la Comisión Organizadora del X Congreso de Ingeniería Industrial y Carreras Afines - COINI 2017 FI UBA - integrada por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires y la AACINI, Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial.

PLANEAMIENTO DE PORTFOLIOS PETROLEROS

DIÉGUEZ, IGNACIO JAVIER*; ROJO, HORACIO⁽¹⁾

**Facultad de Ingeniería, Departamento de Gestión, Grupo de Investigación en Gestión Industrial,
Universidad de Buenos Aires
1127. idieguez@live.com*

*(1) Facultad de Ingeniería, Departamento de Gestión, Grupo de Investigación en Gestión Industrial,
Universidad de Buenos Aires
1127. hrojo38@hotmail.com*

RESUMEN.

El objetivo principal de este trabajo es desarrollar una metodología para el planeamiento del portfolio de proyectos en una empresa exploradora y explotadora de hidrocarburos bajo condiciones de riesgo e incertidumbre, características de la actividad. Dicha metodología permitirá seleccionar un conjunto de alternativas —*portfolio* de proyectos — que garanticen la sustentabilidad de la empresa, entendida desde un enfoque sistémico como la armonía entre el desarrollo empresario de la organización y el riesgo. Se trata de encontrar un espacio acotado de las mejores soluciones entre las que la alta dirección pueda finalmente optar. El estudio está orientado a una empresa en marcha, mediana en términos de producción, dedicada a la exploración y explotación de hidrocarburos a nivel regional y/o mundial.

Los conceptos fundamentales de este trabajo, cuya aplicación en esta oportunidad es la industria hidrocarburífera, son extensibles a otras industrias e incluso a otras actividades.

Palabras Claves: Optimización matemática – Programación lineal estocástica – Simulación – Teoría de *Portfolio* – Frontera Eficiente.

ABSTRACT

The main objective of this work is to develop a methodology for the project portfolio planning in an Oil and Gas company, dedicated to the exploration and production of hydrocarbons under conditions of risk and uncertainty, characteristics of the activity. This methodology will allow the selection of a set of alternatives - a portfolio of projects - that guarantee the sustainability of the company, understood from a systemic approach as the harmony between the business development of the organization and risk. It is a question of finding a bounded space of the best solutions among which the top management can finally make a choice. The study is aimed at a going concern, medium in terms of production, dedicated to the exploration and production of hydrocarbons at regional and / or global level.

The fundamental concepts of this work, whose application in this opportunity is the Oil and Gas industry, can be extended to other industries and even other activities.

1. INTRODUCCIÓN

La industria del petróleo y del gas comprende la exploración y producción de los hidrocarburos —*upstream*— y la refinación, distribución y comercialización —*downstream*—.

En particular, en este trabajo, nos referiremos al segmento del *upstream*.

El *upstream* está condicionado a gran cantidad de variables aleatorias: geológicas, geopolíticas y geoeconómicas. Dichas variables le confieren a la actividad incertidumbre y al negocio riesgos.

La actividad del *upstream* de las empresas de alguna cuantía está dispersa en el mundo, y así comprende geologías, condiciones geoeconómicas y geopolíticas diversas que hacen necesario profundizar en instrumentos que aporten formas cada vez más solventes para el manejo del riesgo. Se trata de operaciones que comprenden un número importante de proyectos de distinto tipo en ejecución simultánea, proyectos pasibles de adquirir, proyectos pasibles de vender y posibles *prospects* —alto riesgo—. Es decir, la empresa petrolera de *upstream* maneja un “*portfolio*” de proyectos. Además, los proyectos, y naturalmente sus resultados económicos, están correlacionados, sean de exploración, desarrollo, producción o adquisición/venta. Esta correlación, en esencia muy compleja, debe ser explotada al máximo, pues, en ciertas condiciones —cuando la correlación entre proyectos sea negativa, esto es, cuando un resultado dado para un proyecto implique un resultado en sentido contrario para el otro proyecto— permite reducir el riesgo del *portfolio* —se dice aquí que el riesgo ha sido diversificado— y, en el caso más general, entenderla posibilitará una administración más eficiente.

La correlación puede deberse a condiciones geológicas, geopolíticas o geoeconómicas. Por ejemplo, se esperaría que dos proyectos con similitudes geológicas presenten correlación positiva —esperaríamos lo contrario para proyectos situados en locaciones con una historia geológica distinta—. Por otro lado, proyectos en un mismo país deberían de recibir la misma influencia de los hechos políticos de dicho país, similares regímenes fiscales, y un precio del gas muy parecido, pues ese hidrocarburo suele estar muy regulado en cada país y de acuerdo a políticas específicas, a diferencia del petróleo que, como todo *commodity*, presenta uniformidad de precios a lo largo del mapa. Los proyectos del *upstream* poseen perfiles de rendimiento y riesgo muy diferentes y, si bien los *prospects* son reconocidos por ser de muy alto riesgo geológico —la “*chance of success*” o chance de éxito al explorar suele ser muy pequeña—, la industria entera está signada por la variabilidad del precio del petróleo. El hecho de que el precio del crudo sea uniforme en todo el mundo implica una correlación positiva para todos los proyectos de petróleo, cuyos resultados económicos responderán en el mismo sentido ante fluctuaciones en el precio del petróleo. Otro factor que correlaciona a los proyectos es el perfil de sus flujos de fondos, es decir, su distribución temporal, Ball *et al* [1].

Por lo anteriormente dicho, amén del análisis individual de cada proyecto, se requiere un análisis conjunto del *portfolio*.

La idea es, entonces, proporcionar al decisor herramientas que le permitan manejar el riesgo para la toma de decisiones.

El enfoque adoptado en este trabajo se estructura sobre la base de la Teoría de *Portfolio*, desarrollada por Harry Markowitz, quien en la década de 1950 sentó los pilares de la optimización de *portfolios*, si bien se trataba de *portfolios* del mercado de valores —sobre activos financieros—. La aplicación del modelo a *portfolios* de otra naturaleza —los proyectos petroleros son activos productivos— requiere ciertas modificaciones, pero la filosofía primigenia pervive. En general, inversiones —*portfolios*— más rentables implican mayores riesgos y viceversa. La cuestión es, pues, hallar aquellas inversiones que, de todas las posibles, representan el máximo rendimiento para un mismo nivel de riesgo, o, equivalentemente, representan el mínimo riesgo para un mismo nivel de rendimiento. Dichas inversiones se dicen “eficientes” y conforman la denominada “frontera eficiente”.

El modelo de Markowitz mide el rendimiento a través de su valor esperado y utiliza como medida de riesgo a la varianza o bien al desvío estándar del rendimiento, Markowitz [2]. Esto permite visualizar claramente que el riesgo de la suma de un par de variables no es la suma de sus riesgos, a menos que estas sean independientes —será menor si están negativamente correlacionadas y mayor si están positivamente correlacionadas—. Sin embargo, penalizar toda variabilidad por igual —simétricamente— no resulta lógico, pues nadie estaría en contra de obtener una gran ganancia en su afán de evitar una pérdida de magnitud semejante. Por esta razón, y por algunas otras que se mencionan luego en este trabajo, se han propuesto varias alternativas a la varianza como medida representativa del riesgo.

Una vez conformada la frontera eficiente, el modelo de Markowitz define “el” *portfolio* óptimo en base a la función de utilidad —de acuerdo al punto de tangencia entre la frontera eficiente y la curva de indiferencia o isosatisfacción— del decisor, Markowitz [2]. En este trabajo no

se ha asumido función de utilidad alguna, en virtud de que esta función es propia de cada decisor. Por el contrario, se ha dejado a disponibilidad del decisor el entero espectro de portfolios eficientes: cada decisor, de acuerdo a su particular aversión o propensión al riesgo, podrá elegir aquella que para él es la mejor opción.

El análisis de *portfolio* permite también resolver cuestiones típicas de la actividad petrolera. Frente a un proyecto nuevo podríamos, comparando la cartera de proyectos existentes con y sin el proyecto —*ceteris paribus*—, determinar cuánto vale ese proyecto. También podríamos ver cómo afecta a nuestro *portfolio* el hecho de requerir un cierto porcentaje de propiedad sobre algunos proyectos, comparando el valor del *portfolio* con y sin esa restricción —*ceteris paribus*— Ball *et al* [1].

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

En el trabajo se desarrolla la metodología presentando la modelización del *portfolio* y comentando brevemente el proceso de resolución.

Se ha considerado un horizonte de trabajo de 20 años, que asegura no perder información al tiempo de no trabajar con información irrelevante. Téngase presente que al descontar los flujos de efectivo futuros, VF , a su valor actual, VP , mediante la expresión $VP = \frac{VF}{(1+i)^t}$, aquellos que sean más lejanos a veinticinco años se diluirán. Por ejemplo, con una tasa del 10%, el valor presente de un flujo del año 25 sería menos que la décima parte del valor futuro. Por esta razón debería trabajarse con un horizonte temporal no mayor a 20 años. Por otro lado, los proyectos de hidrocarburos suelen requerir unos primeros 5 años —en promedio— para exploración y delimitación, por lo que, si lo que se pretende es un planeamiento para el mediano plazo, no sería razonable un análisis de menos de 10 años para el conjunto de los proyectos.

Como tasa de descuento se ha utilizado la tasa promedio de oportunidad de inversión de una empresa mediana del sector, de un 12%.

La *Society of Petroleum Engineers* —*SPE*— recomienda que el descuento de los flujos de efectivo de todos los proyectos se haga a una misma tasa y que ésta sea, o bien la tasa promedio de oportunidad de inversión de la compañía o el *WACC*, Wright [3]. La primera representa el retorno promedio de las oportunidades futuras de inversión de las que dispone la empresa y el *WACC* —“*weighted average cost of capital*” o promedio ponderado del costo del capital— pondera la tasa de cada fuente de financiación que tiene la empresa de acuerdo a la fracción de la financiación total que representa cada una de estas fuentes, que son la deuda y el patrimonio neto—. Estas dos tasas, en general, son similares en magnitud.

La *SPE* recomienda no utilizar tasas de descuento altas como forma de considerar el riesgo, Wright [3]. En efecto, no es una sana forma de evaluar el riesgo el refugiarse bajo tasas altas; en el análisis de *portfolio*, el riesgo es contemplado en la conformación de la frontera eficiente, por lo que no hay necesidad de castigar a priori el *NPV* de los proyectos que parezcan más riesgosos.

El rendimiento, ya de cada proyecto, ya del *portfolio*, se ha modelado mediante el valor actual neto —al fin y al cabo el valor de la empresa no es otra cosa que la sumatoria de los flujos de efectivo de los proyectos descontados al instante actual—.

En sentido estricto es el *PIR* —“*profit to investment ratio*” o razón beneficio-inversión— un índice de rinde y el *NPV* o *VAN* —“*net present value*” o valor actual neto respectivamente— lo es de valor, pero se ha elegido este último en virtud de su amplio uso en la industria y de la claridad que ofrece en los resultados, además de que, en cierto modo, al netear de inversiones a los flujos de efectivo, se vislumbra un rendimiento, en el sentido de la expresión “dinero hecho a partir del dinero invertido”.

En la industria del *Oil & Gas*, se llama “*working interest*” a la porción de los costos de desarrollo y también del rendimiento que conlleva un proyecto, esto es, la participación que la compañía tendrá en el proyecto, Wright [3]. Podrá ser 0 si no participa en el proyecto, 1 si lo absorbe totalmente sin participación de terceros, o cualquier valor intermedio, e.g. 0,4, que significa que absorberá el 40% del proyecto, correspondiendo el 60% restante a otras empresas. En nuestro caso, cada *portfolio* vendrá definido por los *working interests* que la empresa deberá asignar a cada proyecto.

Comenzamos, pues, con la formulación del problema propiamente dicho.

Sea $\tilde{R}$ el resultado de un *portfolio* a lo largo de q escenarios. $\tilde{R}$ es una variable aleatoria y como tal posee una función de distribución. Puede también definirse la variable aleatoria $\tilde{L}$, la pérdida, como la diferencia entre un cierto valor —en particular el cero— y el resultado. Resulta $\tilde{L}$ el opuesto de $\tilde{R}$ —un valor negativo de $\tilde{L}$ supondrá una ganancia—.

Se define entonces el valor en riesgo para un nivel de confianza β —*Value at Risk at probability Beta* o bien VaR_β — como el fractil l : $\mathbb{P}(\tilde{L} \leq l) = F(l) = \beta$, donde $F(\tilde{L})$ es la función de distribución acumulada de $\tilde{L}$.

Una medida de riesgo, esto es una función que tiene como dominio a $\mathcal{L}$, el conjunto de todas las posibles distribuciones de pérdidas a lo largo de q escenarios y como codominio al conjunto de los números reales, se dice coherente si cumple las siguientes propiedades: homogeneidad positiva, invariancia a la traslación, monotonía, subaditividad. Puede demostrarse que tanto la varianza —no cumple ninguna de las propiedades expuestas— como la semivarianza, el desvío estándar y el VaR no son medidas de riesgo coherentes, Joshi *et al* [4].

Consideremos entonces el valor condicional en riesgo para un nivel de confianza β —*Conditional Value at Risk at probability Beta* o bien $CVaR_\beta$ — como la esperanza matemática de los valores de $\tilde{L}$ que yacen a la derecha del fractil VaR_β . En otras palabras, el $CVaR_\beta$ es la pérdida esperada en caso de que se supere el umbral VaR_β . Puede demostrarse que el $CVaR_\beta$ es una medida coherente, pero frente a esto cabe la aclaración de que es coherente la función teórica del $CVaR_\beta$. Cuando se pretenda implementar en la práctica esta medida se recurrirá a una aproximación de ella, por lo que debería mostrarse que esa aproximación es coherente y no la definición teórica, Joshi *et al* [4]. En términos de la esperanza matemática condicional es:

$$CVaR_\beta = \mathbb{E}(\tilde{L} | \tilde{L} \geq VaR_\beta) = \frac{\mathbb{E}(\tilde{L} \cap \tilde{L} \geq VaR_\beta)}{\mathbb{P}(\tilde{L} \geq VaR_\beta)} = \frac{1}{1-\beta} \mathbb{E}(\tilde{L} \cap \tilde{L} \geq VaR_\beta) = \frac{1}{1-\beta} \mathbb{E}[\tilde{L}H(t)],$$

$$t = \tilde{L} - VaR_\beta$$

$$H(x) \text{ es la función escalón de Heaviside, y vale: } H(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$$

Refiriéndonos ahora al problema en cuestión, cada uno de los n proyectos tiene una distribución de pérdidas $\tilde{L}_j$ asociada. Podemos definir la del *portfolio* que de ellos se compone, $\tilde{L}_p$, como la suma ponderada de las de los proyectos, donde los factores de ponderación son los *working interests* afrontados para cada proyecto.

Sea $\mathbf{w} \in \mathbb{R}^{n \times 1}$ el vector columna cuyas componentes w_j son los *working interests* afrontados para cada proyecto. Resulta conveniente definir una función Φ_β , Rockafellar *et al* [5], tal que:

$$\Phi_\beta(\mathbf{w}, VaR) = VaR + \frac{1}{1-\beta} \mathbb{E}[uH(u)], \quad u = \tilde{L}_p(\mathbf{w}, \tilde{L}_j) - VaR$$

Contamos con una distribución muestral de pérdidas para cada uno de los n proyectos a lo largo de q escenarios. En consecuencia, tendremos una aproximación muestral de $\Phi_\beta(\mathbf{w}, VaR)$.

Sea $\tilde{\mathbf{L}} \in \mathbb{R}^{q \times n}$ la matriz de pérdidas. Cada vector columna de $\tilde{\mathbf{L}}$, $\tilde{\mathbf{L}}_j$, es la distribución muestral de pérdidas del proyecto j a lo largo de los q escenarios. Cada vector fila de $\tilde{\mathbf{L}}$, $\tilde{\mathbf{L}}_i$, indica las pérdidas de cada uno de los n proyectos para un escenario i . La matriz $\tilde{\mathbf{L}}$ representa la distribución conjunta de los resultados de los n proyectos a lo largo de los q escenarios y es independiente de $\mathbf{w}$. Así, $\tilde{L}_p = \tilde{\mathbf{L}}\mathbf{w}$.

Puede demostrarse que minimizar el $CVaR_\beta$ de $\tilde{L}_p(\mathbf{w})$ a lo largo de todos los $\mathbf{w} \in \mathbb{R}^{n \times 1}$ es equivalente a minimizar $\Phi_\beta(\mathbf{w}, VaR)$ a lo largo de todos los pares $(\mathbf{w}, VaR)$ con $\mathbf{w} \in \mathbb{R}^{n \times 1}$, $VaR \in \mathbb{R}$.

De esta manera modelo de programación lineal estocástico consiste en:

Minimizar:

$$\hat{\Phi}_\beta(\mathbf{w}, VaR) = VaR + \frac{1}{q(1-\beta)} \sum_{i=1}^q uH(u), \quad u = \tilde{L}_p(\mathbf{w}, \tilde{\mathbf{L}}_i) - VaR$$

Sujeto a:

Hay un rendimiento esperado mínimo que se requiere para el *portfolio*. Expresándolo en términos del valor actual neto esperado, estamos frente a la restricción:

$$w_1 \mathbb{E}(NPV_1) + w_2 \mathbb{E}(NPV_2) + \dots + w_n \mathbb{E}(NPV_n) \geq [\mathbb{E}(NPV)]'_{min}$$

O en términos de las pérdidas:

$$-w_1 \mathbb{E}(NPV_1) - w_2 \mathbb{E}(NPV_2) - \dots - w_n \mathbb{E}(NPV_n) \leq -[\mathbb{E}(NPV)]'_{min}$$

El segundo miembro de la inecuación anterior es el parámetro que irá aumentando en el programa paramétrico.

Las variables w_j representan los *working interests* y pertenecen, por tanto, al intervalo real $[0; 1]$. Esto aparecerá como otra restricción del programa lineal.

Por otro lado, la restricción de inversiones frente al presupuesto disponible es:

$$w_1 Inv_1 + w_2 Inv_2 + \dots + w_n Inv_n \leq In_{max}$$

Por último, contamos con una restricción productiva, no financiera: se solicita que las reservas de hidrocarburos sean mayores a una cierta cantidad:

$$w_1 Res_1 + w_2 Res_2 + \dots + w_n Res_n \geq Res_{min}$$

A esto se suman las restricciones de cada escenario, y sus variables *ad hoc* u_i , todas ellas no negativas. Esta restricción refleja que los valores que estamos considerando son, de todos los de la distribución de pérdidas del portfolio, aquellos que superan al fractil VaR , en virtud de la definición del valor condicional en riesgo. Así, para el escenario k la restricción es:

$$w_1 NPV_{k1} + w_2 NPV_{k2} + \dots + w_n NPV_{kn} + VaR + u_k \geq 0$$

siendo VaR una variable irrestricta.

De este modo, en cada instancia del problema, esto es, para cada $[E(NPV)]'_{min}$, obtenida por la simulación de escenarios de precios se resuelve el programa lineal cuya restricción de $[E(NPV)]'_{min}$, se va modificando y así se obtienen los “*working interests*” que optimizan — minimizan— el valor condicional en riesgo.

A modo explicativo, el gráfico de la frontera eficiente es de la forma:

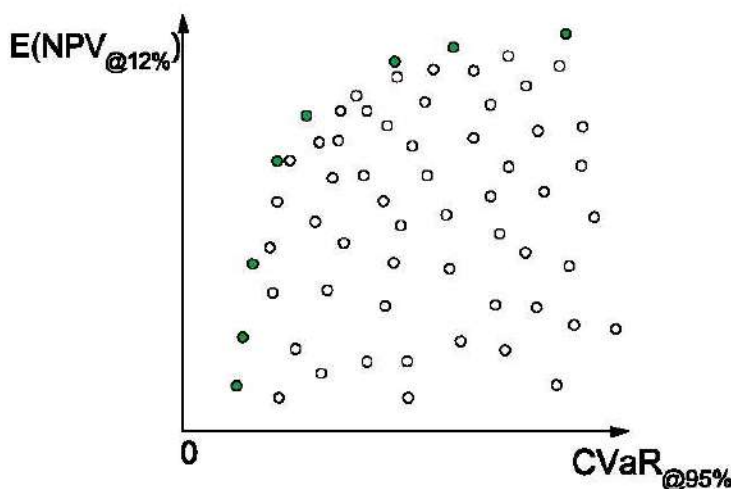


Figura 1: Frontera eficiente típica

Los puntos llenos conforman la frontera eficiente.

3. APLICACIÓN A UN CASO PRÁCTICO

Como ejemplo de aplicación se han tomado 15 posibles proyectos, con valores modificados a partir de datos reales de una empresa real.

A los efectos prácticos hemos debido limitar la cantidad de proyectos posibles.

Otro alcance limitado es que las corridas se han considerado suponiendo una toma de decisión puntual, abordando a todo el horizonte de planeamiento —20 años— como un único período, en tanto un tratamiento más complejo podría plantear decisiones multiperíodo —la demanda computacional desbordaría las posibilidades prácticas de este trabajo—.

El presente estudio muestra la aplicación de estos criterios para la evaluación de riesgo sobre el NPV o VAN conjunto de la compañía obtenido por integración de los distintos proyectos. A efectos prácticos la incertidumbre se ha focalizado en el precio de los hidrocarburos, suponiendo determinísticas otras variables. Lógicamente el modelo se podría ampliar para considerar aleatoriedad en otras variables, e.g., cantidad de reservas, tasas de declinación.

Esta misma metodología podría utilizarse para evaluar otros riesgos típicos de la actividad.

El trabajo ha limitado el alcance a dicho criterio sujeto a restricciones de reservas globales deseadas —es propio de la actividad que cada compañía defina volúmenes deseados de reemplazo de reservas que garanticen su sustentabilidad— y a un monto restringido de capital disponible para los primeros años. Naturalmente, del mismo modo que podemos con igual metodología abordar otros riesgos, también podemos considerar otras restricciones que reflejen necesidades y objetivos de la compañía.

4. RESULTADOS

El modelo se ha programado y resuelto en el entorno R . Se ha utilizado simulación para confeccionar 1000 escenarios de precios para los hidrocarburos y programación lineal para la minimización de una medida de riesgo — $CVaR_{95\%}$ — sujeta a restricciones de reservas deseadas y capacidad de financiación. Los precios de hidrocarburo se han modelado como variables aleatorias triangulares con ayuda del paquete “ $mc2d$ ”. A partir de esta simulación se calculó el NPV o VAN —Valor Actual Neto— correspondiente a cada proyecto a lo largo de los 1000 escenarios y su esperanza matemática. En base a esos resultados y a información sobre requerimientos de inversión y cantidad de reservas recuperables de cada proyecto se procedió a la conformación de la frontera eficiente: con ayuda del paquete “ $lpSolveAPI$ ” se resolvió el programa lineal paramétrico para un valor inicial del parámetro NPV_{min} , y ese valor inicial fue aumentando gradualmente. Conformada la frontera eficiente se consideraron variaciones *ceteris paribus* en el presupuesto, en la tasa de descuento de los flujos de efectivo y en ambos en simultáneo y se procedió del mismo modo que con las condiciones originales hasta llegar a conformar las correspondientes fronteras eficientes.

A modo de ejemplo, la frontera eficiente del caso base —sin variaciones en presupuesto ni tasa de descuento— es la siguiente:

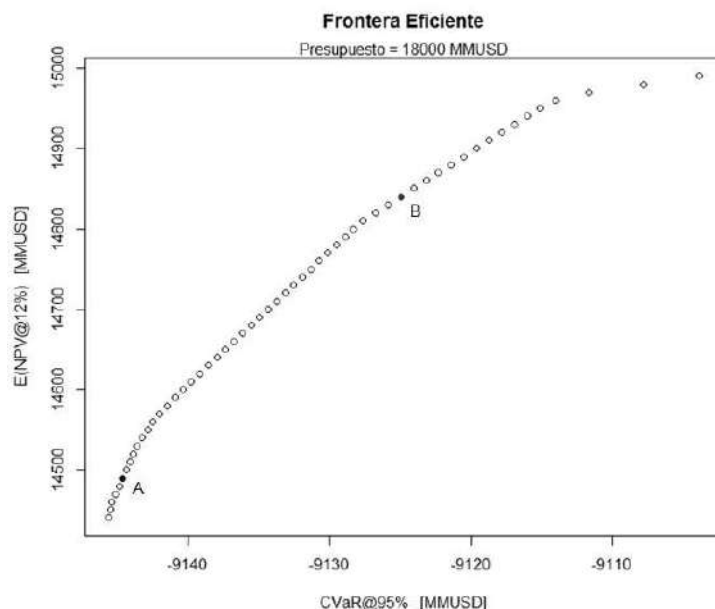


Figura 2: Frontera eficiente del problema

Cada punto del gráfico se caracterizará por tener ciertos NPV esperado, $CVaR_{95\%}$, presupuesto utilizado y cierta cantidad de reservas de hidrocarburo, además del portfolio propiamente dicho, esto es, de los “*working interests*” correspondientes a cada proyecto. De estos puntos, uno cercano al origen de coordenadas implicará un NPV esperado pequeño y, por ser eficiente, un $CVaR_{95\%}$ también pequeño en comparación con otros más alejados. La posición en que se sitúe el decisor dependerá de su actitud frente al riesgo. El valor medio de los peores resultados, en este caso, implica una ganancia para todo el espectro de NPV esperado. Luego, a

medida que demandemos mayor *NPV* esperado, el valor medio de los peores resultados, *CVaR*, irá acercándose al cero —el *CVaR* irá aumentando—.

También a modo de ejemplo, si de la frontera consideramos dos portfolios —A y B en la Figura 2— contamos con la siguiente información:

Portfolio	E(NPV)	CVaR@95%	Presupuesto Requerido	Reservas
A	14490	-9144.59	16323.48	4441.58
B	14840	-9124.96	17422.91	4519.5

Tabla 1: Indicadores de cada portfolio

Portfolio	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10	w11	w12	w13	w14	w15
A	0	1	0	0.14	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0
B	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0.21

Tabla 2: "*Working Interests*" afrontados en cada proyecto para cada portfolio

5. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE DESARROLLO

El modelo permitió encontrar la curva con los portfolios de mínimo riesgo para un mismo rendimiento —máximo rendimiento para un mismo riesgo— de todos los posibles.

Como líneas de desarrollo futuro se plantean: el análisis de riesgo sujeto a otras variables aleatorias; el análisis de otros riesgos; el análisis multiperíodo y multiescenario; la consideración de presupuestos variables; el abordaje conjunto con el modelo de opciones reales; el análisis de diversificación del riesgo, sujeto a disponer perfiles de proyectos acordes y la extensión de los conceptos básicos de la metodología presentada a otras actividades de la producción, por ejemplo la agrícola.

6. REFERENCIAS

- [1] BALL, B. C., & SAVAGE, S. L.. (1999). "*Notes on exploration and production portfolio optimization*"
- [2] MARKOWITZ, H. M.. (1959). "*Portfolio selection: efficient diversification of investments*". Cowles Foundation for Research in Economics at Yale University
- [3] WRIGHT, J. D.. (2007). "*Petroleum economics*". *Petroleum Engineering Handbook*, vol. I, pp. 767–807. Society of Petroleum Engineers
- [4] JOSHI, M. S., & PATERSON, J. M.. (2013). "*Introduction to mathematical portfolio theory*" (1° ed.). Cambridge University Press
- [5] ROCKAFELLAR, R. T., & URYASEV, S.. (1999). "*Optimization of conditional value-at-risk*"

Área: GESTIÓN DE OPERACIONES Y LOGÍSTICA

MODELIZACIÓN Y SIMULACIÓN DEL PROCESO DE SELECCIÓN DE GRANAS DE COQUE DE CALIDADES DIFERENTES, PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LOS ÁNODOS FABRICADOS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ALUMINIO. Ares, Federico; Sainges, Rolando; Bustelo, Cesar

MODELO DE EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DE PROVEEDORES EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA. Tabone, Luciana B; Esteban, Alejandra M; Mortara, Verónica A.

SELECCIÓN DE LA MEZCLA DE PRODUCTOS COMPARANDO LA METODOLOGÍA DE COSTEO ABC CON LA TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES. Berardi, María B.; Zárate, Claudia.

MODELO DE OPTIMIZACIÓN MULTI-PERÍODO DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE PAPEL. Pitashny, Sofía; Rodríguez, M. Elvira; Muñoz, M. Agustina; Rodríguez, M. Analía.

APLICACIÓN DE LA IoT AL CONTROL DEL ESTADO DE CONTENEDORES DE RESIDUOS MEDIANTE SISTEMAS DE CAPTURA DE DATOS. EL CASO DE BAHÍA BLANCA. Castagnet, Ernesto Alejandro; Carbone, Daniel.

RELACIÓN DE TAMAÑOS DE AGRUPAMIENTOS EN LA MRP. Tobares, Tania Daiana; Narambuena, Claudio Fabián; Sánchez, Fabricio Orlando.

ESTUDIO DE COSTOS LOGISTICOS EN LA EXPORTACIÓN DE CIRUELA PARA INDUSTRIA. Morbidelli, Ariel Antonio; Barón, Rodolfo Iván

ESTUDIO DE LA MOVILIDAD DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOMAS DE ZAMORA A TRAVÉS DEL MÉTODO DE LA MATRIZ DE CUATRO PASOS. Pennella, Carla Natalia; Serra, Diego Gastón; Cruz, Liz; Carnuccio, Julieta.

OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN UN CIRCUITO DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL MEDIANTE SIMULACIÓN DISCRETA. Caminos, Andrés; Romera, Nahuel; Forchino, Verónica.

SIMULACIÓN APLICADA AL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL: RESULTADOS DE UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA. Acosta, Esteban; Fernández, Marcelo Oscar; Chiodi, Franco; Vera Pérez, Angela.

PLANIFICACIÓN DE LA LOGÍSTICA PARA LA RECOLECCIÓN DE MIEL EN UNA EMPRESA APÍCOLA. Toncovich, Adrián Andrés; Burgos, Tomás Marcos; Jalif, Maximiliano Javier

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE DOS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA LA OBTENCIÓN DE CARBONATO DE LITIO EN LA PUNA ARGENTINA. Thames Cantolla, Martin; Valdez, K. Silvana; Tinte Montalbetti, María; Abregú, Blanca A.; Orce, Agustina.

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ENFOQUE DE ALGORITMO GENÉTICO. Rodrigo, Alex; Saavedra, Alejandra; Garrera, Raúl A.

BALANCEO Y OPTIMIZACIÓN DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CAÑONES DE PUNZONAMIENTO A TRAVÉS DE HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN. Díaz, Facundo; Boschín, Edgardo.

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS MEDIANTE EL DISEÑO DE PARÁMETROS DE PROCESO SEGÚN MÉTODO SUPERFICIE DE RESPUESTA. Saavedra, Alejandra; Rodrigo, Alex; Garrera, Raúl A.

Modelización y simulación del proceso de selección de granas de coque de calidades diferentes, para mejorar la calidad de los ánodos fabricados en una planta de producción de aluminio

Ares, Federico; Sainges, Rolando; Bustelo, Cesar

*Dpto Desarrollo Automación, Gerencia de Ingeniería ALUAR SAIC.
Parque Industrial Pesado. Puerto Madryn, Chubut, Argentina*

RESUMEN

El proceso de fabricación de ánodos para producción de aluminio primario requiere como materia prima principal al coque en forma de granas y harina (coque en polvo). La calidad del ánodo determina el consumo específico de carbón por tonelada de aluminio, indicador de la eficiencia del proceso electrolítico y depende fuertemente de la densidad del coque empleado para la confección de granas y en menor medida del utilizado para harina. El objetivo es analizar la viabilidad de operar una planta en modo conmutado para utilizar el coque de mayor densidad exclusivamente para la fabricación de granas, dejando el de menor densidad para harina.

Este trabajo comprende la modelización y simulación de los procesos de transporte, reducción de tamaño y clasificación de granas de mineral de coque y restos cocidos de la planta de molienda, En el marco del mismo se desarrollaron métodos analíticos rápidos para obtener condiciones de régimen estacionario así como criterios para la ecualización de la generación de las diferentes granas de forma de optimizar la utilización de la planta mientras se cumplen los requerimientos de los procesos subsiguientes. Los resultados del modelo analítico fueron contrastados mediante simulaciones por eventos discretos.

Palabras Claves: Modelización, Simulación, Procesos Minerales, Molienda, Coque

ABSTRACT

The process of anode manufacturing for primary aluminum production requires coke in the form of grains and flour (coke powder) as the main raw material. The quality of the anode determines the specific consumption of coal per ton of aluminum, an indicator of the efficiency of the electrolytic process and depends heavily on the density of the coke used for the manufacture of grains and to a lesser extent on that used for flour. The objective is to analyze the feasibility of operating a plant in switched mode to use the coke of higher density exclusively for the manufacture of grains, leaving the lower density for flour.

This work includes the modeling and simulation of the processes of transport, size reduction and grading of coke ore and cooked residues of the grinding plant. Rapid analytical methods were developed to obtain steady state conditions as well as criteria for the equalization of the generation of the different grains so as to optimize the utilization of the plant while fulfilling the requirements of the subsequent processes. The results of the analytical model were compared using discrete event simulations.

Keywords: Modeling, Simulation, Mineral Process, Comminution, Petroleum Coke

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Proceso de fabricación de ánodos

El proceso electroquímico para obtención del aluminio emplea una cuba electrolítica que utiliza un elemento conductor consumible de carbón como ánodo, el cual debe ser reemplazado periódicamente. Los ánodos son producidos en plantas específicas, que utilizan como materias primas granas de coque de petróleo calcinado y brea líquida que son amasadas para conformar una pasta anódica homogénea. Esta pasta alimenta una máquina vibro-compactadora, logrando conformar un bloque de 600 kg aproximadamente, con una resistencia mecánica tal que permite su manipulación. La planta de molienda de Aluar se encuentra operativa hace décadas desde su diseño, tiempo durante el cual el proceso electroquímico fue aumentando su productividad mediante el incremento de la corriente utilizada en las cubas, lo cual aumentó los requerimientos de calidad de los ánodos y por consiguiente de la materia prima de los mismos.

El coque es requerido en cuatro granulometrías diferentes: 3-15 mm, 1-3 mm, menor a 1 mm y harina (coque en polvo), cuya suma se identifica como m.a.s (mezcla anódica seca). La planta de molienda procesa el material recibido desde el proveedor (0-45 mm) triturándolo y disgregándolo en éstas granulometrías específicas. El estándar de producción impone al ánodo terminado tanto exigencias dimensionales como de composición. La primera se satisface realizando un adecuado control del proceso de formación en moldes, mientras que en la segunda interviene la cantidad y densidad de cada una de las granulometrías utilizadas. La característica del coque se refleja en la densidad del ánodo: a mayor densidad del coque mayor densidad del producto formado. En resumen, mayor densidad implica mejor calidad, que permite a igual régimen de corriente en la cuba electrolítica, una mayor duración del ánodo.

El proveedor suministra coque de dos calidades diferenciadas, que llamaremos A y B, siendo la primera de mayor densidad y apta tanto para la generación de granas y harina, mientras que la segunda sólo es utilizable para harina. La problemática surge de la imposibilidad del proveedor de entregar el 100% de coque de calidad A requerido para el proceso, por lo que es preciso mezclar calidades, disminuyendo la densidad del ánodo final.

1.2. Objetivo del trabajo

El objetivo planteado fue verificar mediante modelización y simulación la posibilidad de procesar ambas calidades de materia prima alternativamente en la planta actual sin repotenciar transportadores o modificar el layout. El coque de calidad A se utilizará para generación de granas, mientras que el de calidad B se utilizará para elaborar harina. Para ello se desarrolló un método de cálculo basado en modelos lineales de zarandas y molinos basado en [3] y [4], incorporando consideraciones de conservación de masa para interconectar los distintos componentes del sistema. Por otro lado se implementó un modelo de eventos discretos [5] que permitió contrastar los resultados obtenidos en una cantidad reducida de escenarios.

1.3. Descripción del proceso

La Figura 1 muestra el diagrama de proceso de la planta en sus etapas de molienda de coque y separación de granas.

T56 y T602 son cintas de banda, la primera transporta coque desde los silos de acopio hacia la planta, mientras que la segunda ingresa restos de coque calcinados recuperados de otros procesos que se suman al coque virgen. Los restos cocidos contribuyen a aumentar la densidad de la mezcla, pero su dureza y tamaño producen mayores niveles de reflujo a través del elevador T604 disminuyendo su eficiencia de transporte. Los equipos KVC1, KVC2, KVC3, KVC4, K628 y K629 son alimentadores vibratorios que poseen control continuo en la amplitud de oscilación. Éstos elementos permiten dosificar el material entregado a su salida en relación directa con la consigna de vibrado. Si la consigna de salida es menor al caudal de ingreso el material sobrante es drenado por su salida de rebalse. P628 y P629 son molinos de rodillo que trituran el material llevándolo a granulometrías específicas. El primero muele el material recibido, grana 3-15 mm, transformándolo mayoritariamente en coque 1-3 mm. A P629 ingresa material cuya granulometría es mayor a 15 mm, saliendo principalmente grana 3-15 mm.

$$Z = \begin{bmatrix} z_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & z_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & z_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & z_4 \end{bmatrix} \quad M = \begin{bmatrix} m_{11} & 0 & 0 & 0 \\ m_{21} & m_{22} & 0 & 0 \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & 0 \\ m_{41} & m_{42} & m_{43} & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Cada elemento z_i representa la fracción de la granulometría "i" que llega a la salida de la zaranda, mientras que Cada elemento m_{ij} de representa la proporción de granulometría tipo "j" que se transforma en granulometría tipo "i" debido al proceso de molienda. Todos los elementos por encima de la diagonal principal son nulos, mientras que la suma de cada columna es igual a 1. Se define el vector de transferencia de zaranda:

$$\mathbf{z} = [z_1 \quad z_2 \quad z_3 \quad z_4] \quad (3)$$

El caudal vectorial a la salida de la zaranda $\mathbf{f}_z$ se expresa en función del caudal del elevador T604 $\mathbf{f}_e$ y la matriz $\mathbf{Z}$, mientras que caudal total $\mathbf{f}_{zt}$ a la salida de la zaranda se expresa en función del caudal en el elevador T604 $\mathbf{f}_e$ y el vector $\mathbf{z}$.

$$\mathbf{f}_z = \mathbf{Z} \cdot \mathbf{f}_e \quad \mathbf{f}_{zt} = \mathbf{z} \cdot \mathbf{f}_e \quad (4)$$

El caudal vectorial a la salida del molino se expresa en función del caudal a la entrada del mismo y la matriz ***M***. En estado estacionario, el caudal que ingresa a los molinos proviene directamente de una salida de zaranda:

$$\mathbf{f}_m = \mathbf{M} \cdot \mathbf{f}_z \quad (5)$$

1.4.1. Ecuación de estado estacionario

En la figura (2) se muestra un diagrama en bloques del sistema de la figura (1) correspondiente al estado estacionario (nivel en silos constante).

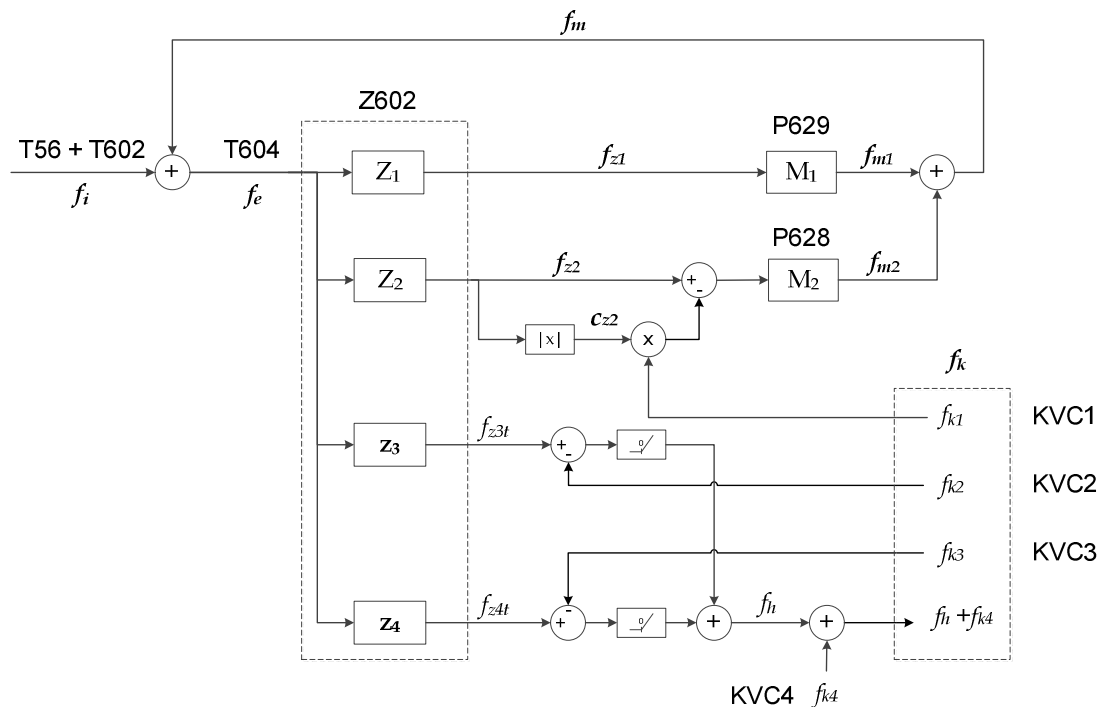


Figura 2 Diagrama en bloques del proceso de molienda en estado estacionario

Utilizando las ecuaciones (4), (5) y planteado la suma de caudales en el pie del elevador T604, se puede llegar a la siguiente expresión:

$$f_e = f_i + [M_1 \cdot Z_1 + (1 - \alpha) \cdot M_2 \cdot Z_2] \cdot f_e \quad \alpha = \frac{f_{k1}}{z_2 \cdot f_e} = \frac{f_{kt} \cdot c_{01}}{z_2 \cdot f_e} \quad (6)$$

El valor α es un valor escalar que representa la magnitud del caudal enviado al proceso mediante KVC1 en relación al caudal de la salida 3-15 de la zaranda Z601. f_{k1} es el caudal de grana 3-15

mm que se envía desde KVC1 hacia el silo D607, y puede expresarse en función del caudal de m.a.s. total f_{kt} y la proporción de receta de grana 3-15 mm en la m.a.s, c_{o1} .

1.4.2. Resolución del sistema en estado estacionario

La presencia del desvío de material del reciclo mediante KVC1 representada por α introduce una no linealidad en el sistema que imposibilita su resolución directa despejando f_e de la forma sugerida por Whiten en [4], por lo que debe resolverse mediante métodos numéricos. La técnica empleada asume conocido el caudal total del elevador f_{et} en un valor cercano a la capacidad máxima de transporte, basándose en la existencia de un sistema de control que mantiene un caudal constante de material en el elevador. Operando sobre la expresión (6) puede obtenerse un sistema de ecuaciones donde la única incógnita es c_e , el vector concentración en el elevador T604:

$$c_e = \frac{f_{it}}{f_{et}} \cdot c_i + [M_1 \cdot Z_1 + (1 - \alpha) \cdot M_2 \cdot Z_2] \cdot c_e \quad (7)$$

$$\frac{f_{it}}{f_{et}} = [\bar{1} - z_1 + (1 - \alpha) \cdot z_2] \cdot c_e \quad (8)$$

$$\alpha = \frac{f_{kt}}{f_{et}} \cdot \frac{c_{o1}}{z_2 \cdot c_e} \quad (9)$$

Donde f_{it} corresponde al caudal totalizado de ingreso de coque y restos T56+T602 y c_i a la concentración de dicha mezcla, el valor f_{kt} al caudal total de m.a.s. entregado a los silos, y $\bar{1}$ al vector unitario (1 en todos sus componentes). Conocido $\frac{f_{kt}}{f_{et}}$ se iteran (7) (8) y (9) para obtener c_e y calcular α y $\frac{f_{it}}{f_{et}}$.

También resulta de interés resolver el sistema para obtener el $\frac{f_{kt}}{f_{et}}$ que consuma toda la grana de un tipo (grana limitante). Para ello se puede utilizar alguna de estas expresiones de α en lugar de la ecuación (9):

$$\alpha_{1-3} = \frac{c_{o1}}{c_{o2}} \cdot \frac{z_3 \cdot c_e}{z_2 \cdot c_e} \quad (10)$$

$$\alpha_{<1} = \frac{c_{o1}}{c_{o3}} \cdot \frac{z_4 \cdot c_e}{z_2 \cdot c_e} \quad (11)$$

Donde c_{o2} y c_{o3} corresponden a las proporciones de receta de granas 1-3 mm y <1 mm en la m.a.s. respectivamente. Una vez resuelto el sistema la grana con el menor valor de $\frac{f_{kt}}{f_{et}}$ será la limitante, determinando el máximo punto de uso teórico del sistema (f_{kt} máximo). A partir del resultado de la iteración, se puede obtener el caudal rebalsado a harina:

$$f_h = pos(f_{z3t} - f_{k2t}) + pos(f_{z4t} - f_{k3t}) \quad (12)$$

Dónde:

$$f_{z3t} = f_{et} \cdot z_3 \cdot c_e \quad f_{z4t} = f_{et} \cdot z_4 \cdot c_e \quad pos(x) = \begin{cases} x & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad (13)$$

1.4.3. Manejo de coque de calidades diferenciadas

Se busca abastecer el sistema con coque de calidades diferenciadas (A y B) para producción de granas y harinas respectivamente. Para ello, la planta deberá funcionar conmutando entre dos modos de funcionamiento.

Modo grana: Se ingresa coque clase A y restos mediante T604. KVC1 a 3 envían un sobrecaudal a los silos de granas para compensar el ciclo de harina. Puede derivarse algo de coque clase A a T601 (vía KVC4) para abastecer los silos de harina en caso de ser necesario. El caudal de envío de material a silos en modo grana se representa con el vector f_{kG} , cuyas componentes corresponden al caudal de ingreso a los silos D605, D606, D607 y D608 respectivamente:

$$f_{kG} = \begin{bmatrix} f_{k1} \\ f_{k2} \\ f_{k3} \\ f_{k4} + f_h \end{bmatrix} \quad (14)$$

Modo harina: Se ingresa coque clase B y se interrumpe el ingreso de restos por T602. KVC1 a 3 se detienen completamente. KVC1 rebalsa la totalidad del material hacia el silo D608, aumentando

considerablemente el reflujo de material en el elevador. La totalidad del material que arriba a KVC2 y KVC3 rebalsa hacia el silo de grana para harina D610. Por otra parte se envía coque clase B a T601 (via KVC4) para abastecer los silos de harina. De forma similar al modo grana, el vector de caudal de envío a silos en modo harina f_{kH} se define como:

$$f_{kH} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ f_{k4} + f_h \end{bmatrix} \quad (15)$$

Por otro lado, al vector caudal de salida de silos se lo identifica como:

$$f_o = \begin{bmatrix} f_{o1} \\ f_{o2} \\ f_{o3} \\ f_{o4} \end{bmatrix} \quad (16)$$

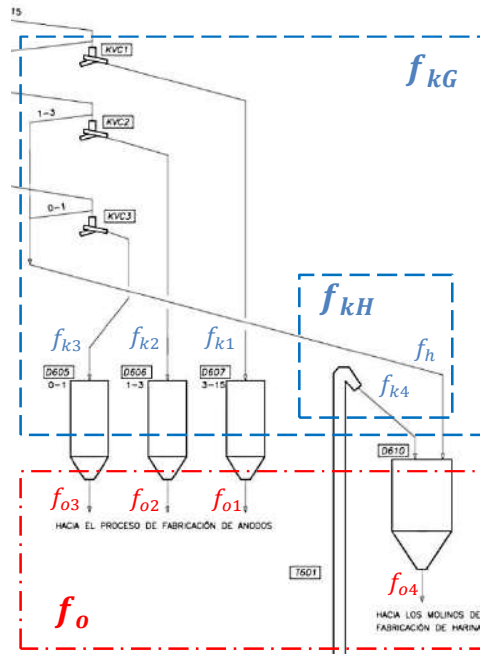


Figura 3 Representación de caudales vectoriales y sus componentes. Los caudales f_{kG} y f_{kH} son los caudales de ingreso a silos para ambos modos, provenientes de KVC1, KVC2, KVC3 y KVC4. El caudal f_o es el caudal consumido por el proceso, es decir los caudales de salida de los silos.

Los vectores de caudal netos en silos de modo grana y harina respectivamente resultarían:

$$f_G = f_{kG} - f_o \quad (17) \quad f_H = f_{kH} - f_o \quad (18)$$

La condición de equilibrio entre modos, puede expresarse de forma simple:

$$t_G \cdot f_G + t_H \cdot f_H = \bar{0} \quad (19)$$

Donde t_G y t_H son los tiempos de permanencia en cada modo.

De la expresión (19) podemos decir que la condición de equilibrio es posible siempre y cuando los caudales netos en modo grana y harina (f_G y f_H) sean colineales, condición que se satisface sólo realizando un control preciso de los caudales de salida de granas en KVC1, KVC2 y KVC3, así como del aporte de coque mediante KVC4 en modo grana. El no cumplimiento de esta condición produce un desbalance en los suministros a los silos provocando que algunas granas se agoten antes que otras siendo imposible mantener el ritmo de producción requerido. Satisfecha la condición (19) podemos obtener la relación entre los tiempos de ciclo de cada modo t_G/t_H , así como la relación coque A/B consumido x_A/x_B :

$$\frac{t_G}{t_H} = \frac{\|f_H\|}{\|f_G\|} \quad (20)$$

$$\frac{x_A}{x_B} = \varphi_c \cdot \frac{t_G}{t_H} \cdot \frac{f_{kGt}}{f_{kHt}} \quad (21)$$

Donde φ_c es la proporción de coque (clase A) en el caudal de ingreso en modo grana mientras que f_{kGt} y f_{kHt} son los caudales totalizados en cada modo (esto es, la suma de todos los elementos de f_{kG} y f_{kH} respectivamente).

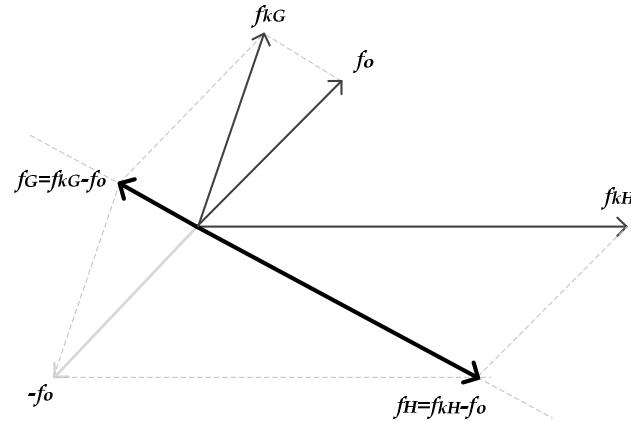


Figura 4 Representación esquemática del requisito de colinealidad de caudales de modos grana y harina.

1.5. Modelo de simulación por eventos discretos

Para verificar los resultados del modelo analítico, se realizó una simulación del proceso mediante un software de eventos discretos, incorporando la evolución transitoria del sistema y su impacto de la variabilidad de los caudales en las conmutaciones entre modos grana y harina, el consumo de las distintas calidades de coque y los tiempos de ciclo desarrollados. El software utilizado fue Arena versión 13.6 de Rockwell Automation (USA).

1.5.1. Bloques funcionales

Se programaron cuatro bloques con funcionalidades específicas que permitieron la reusabilidad en las diferentes partes del proceso. Debido a la naturaleza discreta de la simulación, el coque se modelizó mediante entidades de una unidad de masa fija, con una frecuencia de arribo variable que permite obtener un caudal medio deseado. El bloque "SRC" representa un elemento generador de entidades de material permitiendo especificar el ritmo de generación y su composición. Este bloque fue utilizado por ejemplo en las cintas T56 y T602. "ACC" constituye un bloque de almacenamiento de material, manteniendo un cálculo del total recibido/extraído y la proporción de cada grana en ese total. Cada entidad que sale de un bloque "ACC" tiene una composición granulométrica equivalente al promedio de lo que ha ingresado. Tanto los silos como los alimentadores vibratorios fueron simulados con este bloque. Los molinos y la zaranda fueron representados por los bloques "MOL" y "ZAR" respectivamente. En ambos casos la lógica programada incluye la matriz transferencia correspondiente a cada equipo, idéntica a la del modelo analítico. Para el caso del elevador T604 se tuvieron en cuenta dos consideraciones para su caracterización: Una es el comportamiento de la llegada del material al pie del mismo y otra el tiempo de tránsito de los cangilones para transportarlo hasta su parte superior y descargarlo en la zaranda. Esto permite visualizar fluctuaciones en la cantidad de coque dentro del elevador y detectar variaciones de caudal en algunos puntos del sistema. Para las mediciones de caudal se dispuso un bloque denominado FI que realiza un cálculo de caudal en función de la tasa de arribo promedio de entidades de material.

La Figura 5 muestra el diagrama lógico desarrollado en el entorno de simulación, donde se identifican cada uno de los equipos involucrados y la interconexión entre ellos. También se muestra el esquema de visualización utilizado (Figura 6), conservando el diagrama de proceso original. Sobre la representación de la planta se observan los valores de caudales en cada rama del proceso y los niveles de material en los silos, permitiendo evaluar el comportamiento dinámico del sistema en tiempo de simulación.

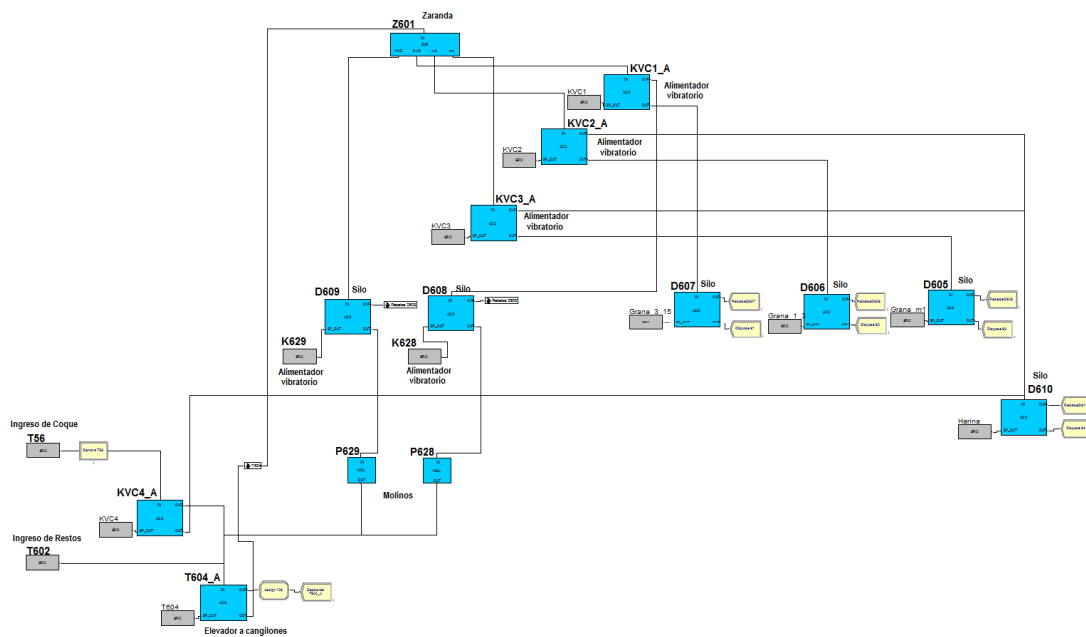


Figura 5 Diagrama de bloques de la simulación Arena

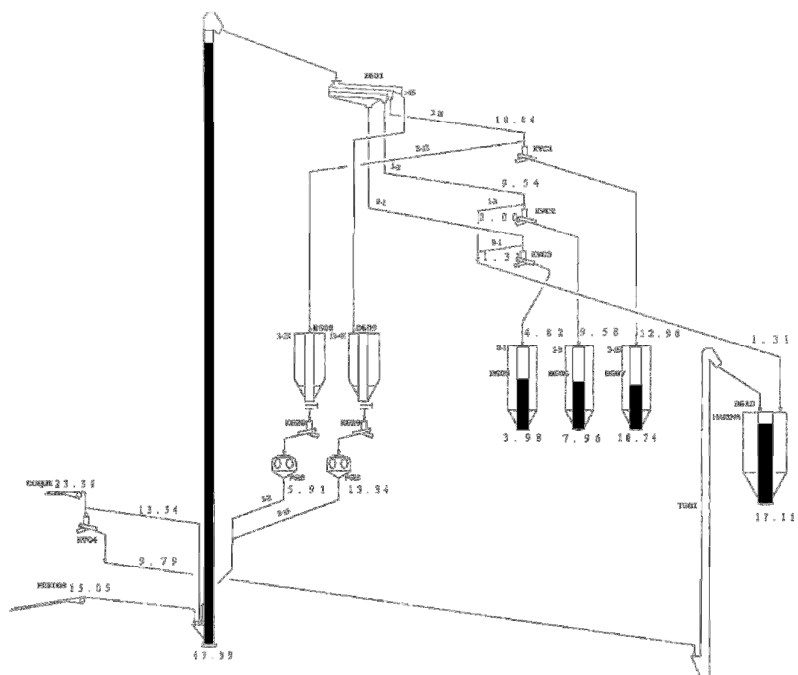


Figura 6 Diagrama de visualización de caudales y niveles sobre layout de planta en Arena

2. SIMULACION

2.1. Proceso de Simulación

Se analizaron 3 escenarios de producción a distintos valores de caudal de m.a.s, mínimo (E1), típico (E2) y máximo (E3).

Utilizando el modelo analítico se obtuvieron los puntos de máxima utilización para modos grana y harina. En el caso de modo grana el punto se obtuvo resolviendo el sistema de ecuaciones (7) (8) (9) mediante la consideración de grana limitante dada por (10) y (11). Para el modo harina simplemente se resolvió el mismo sistema fijando $f_{k1} = f_{k2} = f_{k3} = 0$. Con los datos obtenidos se obtuvieron los caudales netos en los silos (17) y (18) y se realizaron correcciones para garantizar la colinealidad requerida por (19). Luego se calcularon los tiempos relativos de cada modo (20) y los consumos relativos de cada tipo de coque (21). Las simulaciones mediante modelo analítico se realizaron en Matlab.

Los resultados obtenidos con el modelo analítico se verificaron en Arena. Se setearon los caudales de ingreso en T56/KVC4 y T602 obtenidos por el modelo analítico y se verificó que el caudal en el elevador T604 se mantuviera cercano al valor objetivo (48.5 tn/h). Por otro lado, se definió una lógica de conmutación automática entre los modos grana y harina, en base a niveles máximos y mínimos en los silos. Es decir, si el sistema se encuentra operando en modo grana y nivel del silo de harina cae por debajo del umbral mínimo el sistema conmuta a modo harina. Lo mismo ocurre si en cualquiera de los silos de grana el nivel supera el umbral máximo. El recíproco se aplica al modo harina: si el nivel de algún silo de grana cae por debajo del umbral mínimo el sistema conmuta a modo grana. Lo mismo ocurre si el nivel del silo de harina supera el umbral máximo.

2.2. Parámetros de entrada

Tabla 1 *Parámetros de entrada de modelo analítico*

Elemento	Parámetro	Valor	Un.	Descripción
T56 Coque	φ_c	47.4	%	Proporción de coque en ingreso modo grana
	$c_c(1)$	8	%	Concentración de >15 en coque T56
	$c_c(2)$	36	%	Concentración de 3-15 en coque T56
	$c_c(3)$	34	%	Concentración de 1-3 en coque T56
	$c_c(4)$	22	%	Concentración de <1 en coque T56
T602 Restos	φ_r	52.6	%	Proporción de restos en ingreso modo grana
	$c_r(1)$	43	%	Concentración de >15 en restos T602
	$c_r(2)$	32	%	Concentración de 3-15 en restos T602
	$c_r(3)$	9.5	%	Concentración de 1-3 en restos T602
	$c_r(4)$	15.5	%	Concentración de <1 en restos T602
Z601 Z_1	$z_{1,1}$	95	%	Fracción de >15 en salida >15
	$z_{1,2}$	5	%	Fracción de 3-5 en salida >15
Z601 Z_2	$z_{2,1}$	5	%	Fracción de >15 en salida 3-15
	$z_{2,2}$	90	%	Fracción de 3-15 en salida 3-15
	$z_{2,3}$	5	%	Fracción de 1-3 en salida 3-15
Z601 Z_3	$z_{3,2}$	5	%	Fracción de 3-15 en salida 1-3
	$z_{3,3}$	90	%	Fracción de 1-3 en salida 1-3
	$z_{3,4}$	5	%	Fracción de <1 en salida 1-3
Z601 Z_4	$z_{4,3}$	5	%	Fracción de 1-3 en salida <1
	$z_{4,4}$	95	%	Fracción de <1 en salida <1
P629 M_1	$m_{1,11}$	44	%	Fracción de >15 que sale como >15
	$m_{1,12}$	49	%	Fracción de >15 que sale como 3-15
	$m_{1,13}$	5.6	%	Fracción de >15 que sale como 1-3
	$m_{1,14}$	1.4	%	Fracción de >15 que sale como <1
P628 M_2	$m_{2,22}$	51	%	Fracción de 3-15 que sale como 3-15
	$m_{2,23}$	42	%	Fracción de 3-15 que sale como 1-3
	$m_{2,24}$	7	%	Fracción de 3-15 que sale como <1
T601	$f_{kat, max}$	22.5	tn/h	Máximo caudal elevador T601
T604	$f_{et, max}$	48	tn/h	Máximo caudal elevador T604
Consumo m.a.s	f_{ot}	38	tn/h	Caudal total m.a.s @ 64 Anodos/hora
		39	tn/h	Caudal total m.a.s @ 67 Anodos/hora
		42.7	tn/h	Caudal total m.a.s @ 72 Anodos/hora
	$c_a(1)$	27	%	Proporción consumo receta silo grana 3-15 D607
	$c_a(2)$	20	%	Proporción consumo receta silo grana 1-3 D606
	$c_a(3)$	10	%	Proporción consumo receta silo grana <1 D605
	$c_a(4)$	43	%	Proporción consumo receta silo grana para harina D610

2.3. Resultados modelo Analítico

Tabla 2 Resultados de simulación del modelo analítico

Modo	Variable		Un.	E_1	E_2	E_3
GRANA	f_{ot}	Caudal m.a.s. objetivo	tn/h	38	39.8	42.7
	f_{et}/f_{it}	Relación caudal elevador/ingreso		1.68		
	f_{it}	Caudal ingreso a T604	tn/h	28.6		
	f_{k1}	Caudal envío 3-15 desde KVC1	tn/h	12.94		
	f_{k2}	Caudal envío 1-3 desde KVC2	tn/h	9.58		
	f_{k3}	Caudal envío <1 desde KVC3	tn/h	4.79		
	f_{k4}	Caudal envío coque para harina KVC4	tn/h	7.17	9.83	13.63
	f_h	Caudal rebalse granas para harina	tn/h	1.27	1.27	1.27
	f_{kt}	Total m.a.s enviada	tn/h	35.75	38.41	42.21
	x_A	Consumo coque clase A	%	63%	71%	83%
HARINA	t_G	Porcentaje de tiempo en modo grana	%	79%	83%	89%
	f_{et}/f_{it}	Relación caudal elevador/ingreso		2		
	f_{it}	Caudal ingreso a T604	tn/h	24		
	f_{k1}	Caudal envío 3-15 desde KVC1	tn/h	0		
	f_{k2}	Caudal envío 1-3 desde KVC2	tn/h	0		
	f_{k3}	Caudal envío <1 desde KVC3	tn/h	0		
	f_{k4}	Caudal envío coque para harina KVC4	tn/h	22.5		
	f_h	Caudal rebalse granas para harina	tn/h	24		
	f_{kt}	Total m.a.s enviada	tn/h	46.5		
	x_B	Porcentaje de coque clase B	%	37%	29%	17%
	t_H	Porcentaje de tiempo en modo harina	%	21%	17%	11%

2.4. Resultados Simulación Modelo Arena

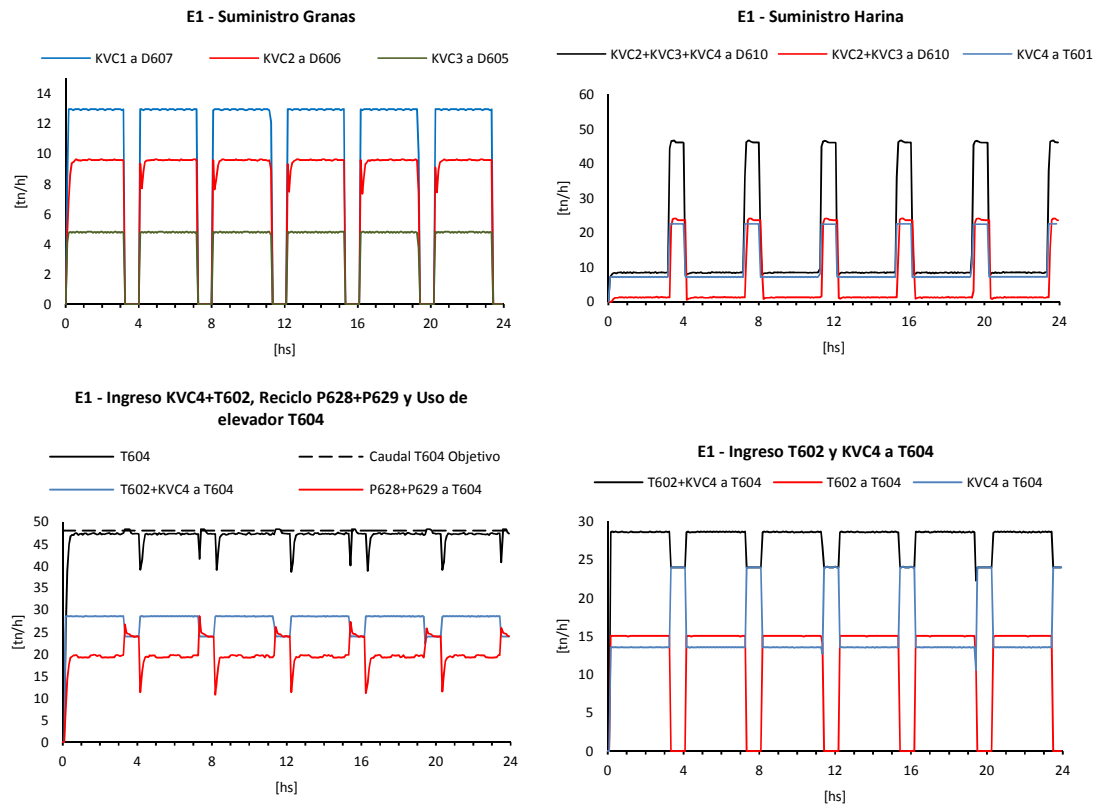


Figura 7 Resultados corrida de modelo Arena 24 hs bajo escenario E1

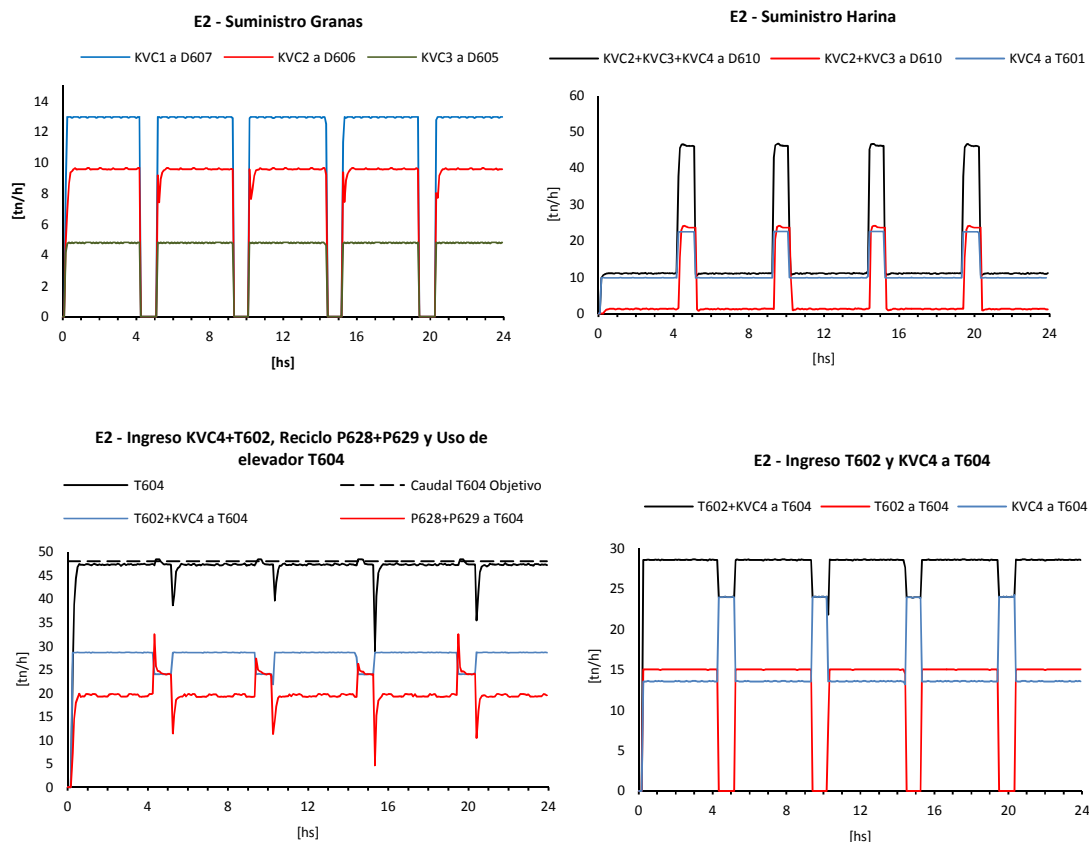


Figura 8 Resultados corrida de modelo Arena 24 hs bajo escenario E2

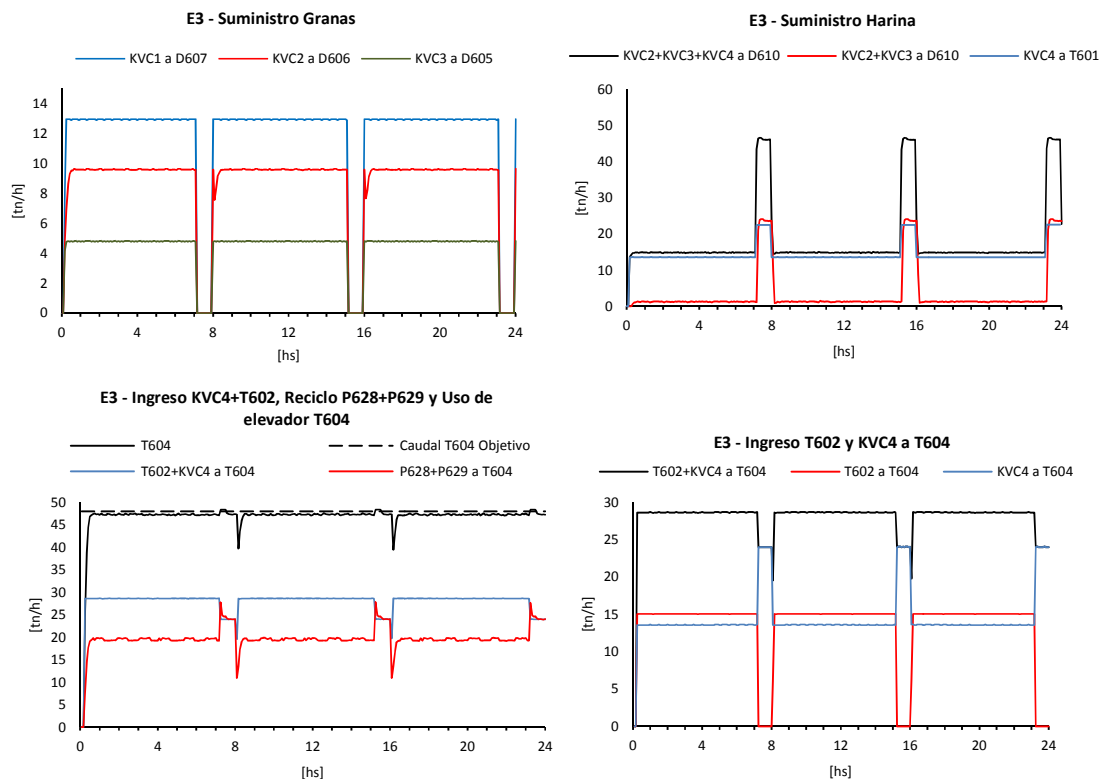


Figura 9 Resultados corrida de modelo Arena 24 hs bajo escenario E3

2.5. Comparación de resultados entre modelos

En la figura 10 se muestran en forma combinada los resultados de tiempos de ciclo y consumos de los dos tipos de coque obtenidos con ambos modelos. Las líneas representan los resultados predichos por el modelo analítico y los puntos los resultados obtenidos de los tres escenarios mediante el modelo Arena. Se observa como a medida que aumenta el nivel de producción (caudal m.a.s.) se requiere mayor cantidad de coque clase A y menor cantidad de clase B. Debido a su forma compacta y bajo costo computacional del modelo analítico fue posible trazar curvas más completas que con el modelo Arena, que se limitó a los escenarios planteados.

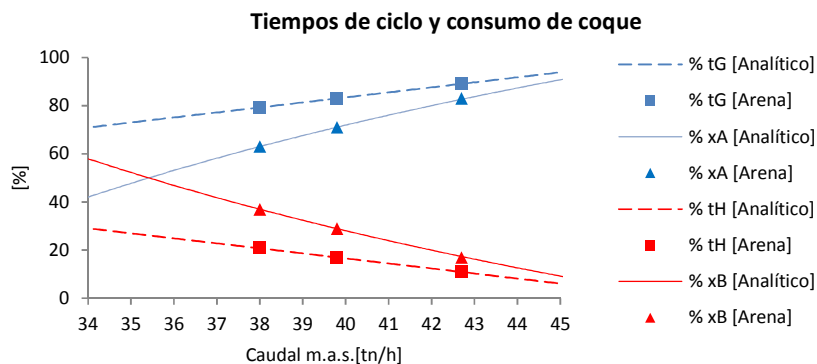


Figura 10 Comparación de tiempos de ciclo y consumos de coque entre modelos

3. CONCLUSIONES

El proceso de modelación y simulación permitió obtener condiciones de operación plausibles para la planta de molienda operando en forma conmutada. El análisis cruzado mediante dos metodologías distintas fortalece la confianza en los resultados de la simulación, y la alta correspondencia obtenida en los valores de régimen estacionario como en los tiempos de ciclo y coque consumido permite descartar errores asociados a la implementación. El modelo analítico (ecuaciones 7, 8 y 9) y el método de cálculo del punto de grana limitante (ecuaciones 10 y 11) permiten obtener en forma directa los puntos de operación estacionaria así como el punto óptimo teórico de operación del sistema, ambos con un costo computacional extremadamente bajo, que permite obtener gráficas cuasi-continuas de relación entre las variables de interés. La obtención de los valores de equilibrio mediante el modelo de eventos discretos implementado en Arena hubiera resultado sumamente trabajosa, requiriendo un tiempo considerable de prueba y error hasta poder hallar las condiciones óptimas de operación. El modelo Arena de eventos discretos permitió incorporar los efectos dinámicos asociados a los retardos de transporte y verificar los puntos de operación estacionarios obtenidos analíticamente. Su interfaz gráfica facilitó al usuario final observar el sistema en operación, simplificando enormemente la transferencia de conocimiento. Como conclusión final, del análisis se desprende que en el escenario de producción típica es posible introducir alrededor de un 29% de coque de calidad B, utilizando exclusivamente coque de calidad A para confección de granas. Se vio que este valor disminuye a 17% en el caso de producción máxima. Sin embargo, para la implementación de algoritmo de control para manejo de coque de dos calidades requiere de un alto grado de control de variables de proceso específicas cuya medición directa o indirecta no se encuentra implementada actualmente. Estas variables son principalmente los caudales de salida de KVC1 a 4 y de sus rebaleses, el caudal de elevador T604, y de ser posible la cubicación de los silos D605, D606, D607 y D610. Finalmente se observó la necesidad de implementar un sistema de control del caudal del elevador T604, que adecúe el caudal de ingreso para compensar los transitorios ocasionados por el reciclo proveniente de los molinos.

4. REFERENCIAS

- [1] King, R. P. (2001). "Modeling and Simulation of Mineral Processing Systems". Primera Edición. Butterworth-Heinemann. Gran Bretaña.
- [2] Wills, B.A. (2006). "Wills Mineral Processing Technology". Séptima Edición. Elsevier. Gran Bretaña.
- [3] Holdich, Richard G. (2002) "Fundamentals of particle Technology". Midland Information Technology and Publishing. Primera Edición . Gran Bretaña.
- [4] Whiten, W.J. (1968). "The Simulation of Crushing Plants with Models Developed using Multiple Spline Regression". 10th Symp on the Application of Computer Methods in the Mining Industry. Johannesburg 317-323.
- [5] Kelton, W.D. (2002), "Simulation with Arena", Segunda Edición, McGraw Hill, USA

MODELO DE EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO DE PROVEEDORES EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA

Luciana B. Tabone*, Alejandra M. Esteban⁽¹⁾, Verónica A. Mortara⁽²⁾

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.
Juan B Justo 4302, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.*

^(*) ltabone@fi.mdp.edu.ar

⁽¹⁾ aesteban@fi.mdp.edu.ar

⁽²⁾ vmortara@fi.mdp.edu.ar

RESUMEN

La evaluación del desempeño de proveedores es un componente primordial para la gestión de compras en una organización. Ésta consiste en determinar si un proveedor cumple con los parámetros de desempeño requeridos para el correcto funcionamiento de todas las operaciones de la cadena de abastecimientos de una empresa. El presente trabajo tiene como objetivo el diseño de un modelo de evaluación del desempeño de los proveedores de una empresa metalmecánica. Para el desarrollo del mismo se definen los criterios críticos del proceso de compras de bienes de la empresa y una escala de calificación para evaluar a cada proveedor. Se utiliza el Proceso Analítico de Jerarquía para problemas de clasificación en la asignación de los pesos de los criterios y subcriterios de evaluación y para construir las escalas de calificación de los indicadores de desempeño. Es una metodología matemática que permite resolver problemas donde las alternativas analizadas son independientes, elimina la subjetividad del proceso y provee resultados confiables para quien toma la decisión. Se prueba el modelo propuesto en la empresa en estudio y se concluye que permite analizar de manera ágil, sistemática y objetiva el desempeño de cada proveedor para finalmente decidir acerca de su continuidad en el proceso de compras de la empresa.

Palabras Claves: Evaluación de desempeño, gestión de proveedores, Proceso analítico de Jerarquías.

ABSTRACT

The performance evaluation of suppliers is a key component for the purchase management in an organization. This consist in determine if a supplier meets the performance parameters required for the correct functioning of all the operations of a company's supply chain. The present work has the objective of designing a performance evaluation model for the suppliers of a metalworking company. For its development are defined the critical criteria for the purchases process of the company goods and a scale of qualification to evaluate each supplier. The Hierarchy Analytic Process ratings is used to assign the weights of the evaluation criteria and subcriteria and to construct the scales of performance indicators. It is a mathematical methodology that allows solving problems where the analyzed alternatives are independent, it permits eliminate the subjectivity of the process and provides reliable results for the decision maker. The proposed model is tested in the company under study and it is concluded that it allows to analyze in an agile, systematic and objective way the performance of each supplier to finally decide about its continuity in the purchase process of the company.

1. INTRODUCCIÓN

Se denomina Cadena de Suministro (CS) a todas aquellas organizaciones involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de una solicitud de un cliente [1]. No sólo incluye al fabricante y a su proveedor, sino también a las empresas distribuidoras, a los minoristas y suele incorporar al cliente. Este concepto deriva de la aplicación del enfoque sistémico a toda la red de suministro e implica una coordinación de las actividades ya sea internas, como las actividades que conectan a la organización con los elementos de su entorno.

La cadena de suministro integrada, impulsada por la mirada sistémica, incluye tres procesos fundamentales: el proceso de relaciones con los proveedores que contiene las compras de los materiales, el proceso de surtido de pedidos que abarca la producción y distribución de los bienes y el proceso de relaciones con los clientes que tiene en cuenta a la comercialización de los mismos.

El proceso de relaciones con el proveedor se centra en la interacción de la empresa aguas arriba. Las tendencias mundiales en la gestión de CS conciben el aprovisionamiento como una función estratégica y con alto impacto en el alcance de las ventajas competitivas sostenibles en términos de costos, calidad, plazos de entrega y otros criterios relevantes. Hoy se considera que el éxito de una empresa depende en gran parte del desempeño de sus proveedores. Por lo tanto, su evaluación se ha vuelto una actividad crítica en una organización que afecta a su eficiencia y rentabilidad.

Este trabajo se realiza en el área de aprovisionamiento de una PyME metalmecánica que se dedica a la fabricación y comercialización de equipos de uso industrial y comercial. Posee una estrategia de producción altamente personalizada, siendo sus prioridades competitivas la flexibilidad, entrega a tiempo y calidad superior. La empresa ha certificado desde el año 2006 su sistema de gestión de la calidad bajo la norma ISO 9001. El 20 % de los componentes que forman parte del producto final son comprados y se los considera críticos para el normal funcionamiento del producto. Su disponibilidad y correcto funcionamiento son determinantes al momento de evaluar la calidad del equipo por parte del cliente. En consecuencia, la evaluación y selección de los proveedores de estos componentes es una de las tareas que actualmente requiere mayor atención en el área de aprovisionamientos de la organización.

En un trabajo anterior, se desarrolló una metodología para seleccionar en forma sistemática a los mejores proveedores para esta empresa [2]. Continuando con esta línea de estudio, es objetivo del presente trabajo el diseño de un modelo de evaluación de desempeño de proveedores utilizando como herramienta base al Proceso Analítico de Jerarquías (PAJ) para problemas de clasificación, que es un método sumamente flexible y poderoso para resolver problemas de decisión multicriterio.

El modelo propuesto permite contrastar el desempeño actual de cada proveedor con el desempeño esperado para el éxito de las operaciones de la empresa y en aquellos casos en donde éste no sea confiable se deben definir planes de acción tendientes a mejorarlo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 La toma de decisiones empresariales

El desenvolvimiento de las actuales organizaciones está condicionado por factores externos e internos, donde a menudo es necesario confrontar situaciones problemáticas complejas, en las que resulta imprescindible tomar decisiones estratégicas. Estas decisiones están generalmente relacionadas con la introducción de nuevas tecnologías, el rediseño de la organización, el desarrollo de nuevas estrategias, la formulación de visiones diferentes o la solución de problemas en general [3]. El proceso de toma de decisiones es un tema complejo y es crítico en el éxito de las organizaciones. Las decisiones que se toman son complicadas e importantes; requieren pensamiento y discusión cuidadosa al ejercer la función gerencial.

La Teoría de la Decisión es un método sistemático para estudiar la toma de decisiones. Una buena decisión es aquella que está basada en la lógica, que considera todos los datos y alternativas posibles.

Las decisiones estratégicas y organizativas son poco estructuradas y en consecuencia no pueden aplicarse recetas únicas de solución. Por lo tanto, para tomar decisiones de estas características, se suelen establecer criterios de evaluación que consideren puntos de vista para cada situación. Esto implica considerar entornos subjetivos, con riesgos e incertidumbre.

Debido a que es imposible determinar y controlar todas las variables o factores que inciden en una situación, es que se busca a través de modelos representar el problema, en el que se espera que las decisiones tomadas sean las mejores aunque no siempre óptimas.

Las decisiones que los gerentes tomen se extenderán en todos los niveles de la organización traducidas en objetivos y acciones más específicas y concretas en cada nivel hacia abajo y afectarán el futuro de la organización.

La información requerida para la toma de decisiones representa el punto de partida para llevar a cabo este proceso y ha de considerarse minuciosamente.

2.2 El Proceso Analítico de Jerarquías

Cuando se requieren utilizar métodos de apoyo a la toma de decisiones en escenarios de múltiples dimensiones de evaluación suele utilizarse el PAJ ya que permite tomar decisiones en base a criterios múltiples. Es un método de trabajo sencillo, lógico y estructurado, basado en la descomposición del problema en una estructura jerárquica [4].

El proceso requiere que quien toma las decisiones proporcione evaluaciones objetivas y/o subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios que se seguirán para tomar la decisión y que especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión referida a cada criterio. El resultado del PAJ muestra la prioridad total de las alternativas de decisión respecto a la meta [5].

Para tomar una decisión en forma organizada, es necesario seguir los siguientes pasos [6]:

1. Definir el problema, estableciendo sus componentes o elementos relevantes.
2. Estructurar la jerarquía del problema. Para ello, se elabora una representación gráfica del problema en función de la meta global, los criterios a ser usados y las alternativas de decisión (Figura 1). Se deben identificar los criterios más generales hasta los más particulares. Si se requiere, pueden desprenderse subcriterios. Estos últimos deben guardar una relación jerárquica con el criterio del que se desprenden.

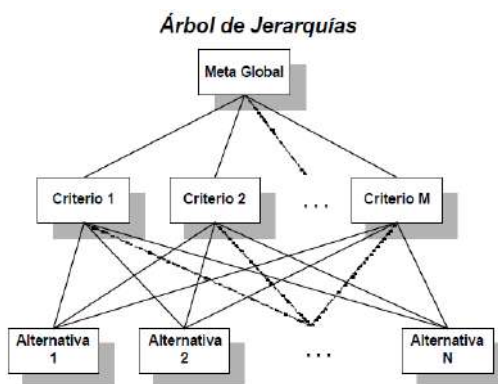


Figura 1: Estructura Jerárquica. Fuente: Toskano Hurtado, G. (2005)

3. Establecer las preferencias: El PAJ, requiere a quien toma las decisiones, señalar un juicio de valor con respecto a todos los elementos de un nivel, referido a cada uno de los elementos del nivel inmediato superior. Se utilizan matrices de comparaciones pareadas para establecer dichas preferencias. Las comparaciones pareadas son las bases fundamentales del PAJ. Se emplea la escala de Saaty con valores de 1 a 9, como se muestra en Tabla 1, para calificar las preferencias relativas de los elementos.

Planteamiento verbal de la preferencia	Calificación Numérica
Extremadamente preferible	9
Entre muy fuertemente y extremadamente preferible	8
Muy fuertemente preferible	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible	6
Fuertemente preferible	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible	4
Moderadamente preferible	3
Entre igualmente y moderadamente preferible	2
Igualmente preferible	1

Tabla 1: Escala de Saaty. Fuente: Toskano Hurtado, G. (2005)

4. Priorizar y sintetizar: En un problema jerarquizado, las prioridades pueden ser locales, globales o totales.
 - a) A través de un proceso matemático se calculan las prioridades relativas locales de cada elemento para cada nodo de la estructura jerárquica.
 - b) Una consideración importante en términos de la calidad de decisión final se refiere a la consistencia de juicios que muestra el tomador de decisiones en el transcurso de la serie de comparaciones pareadas. La consistencia perfecta es difícil de lograr ya que los juicios son realizados por personas. Esta metodología calcula la relación o razón de consistencia de Saaty, considerando aceptable los valores menores a 0,1. Si el grado de consistencia es aceptable, puede continuarse con el proceso de decisión. Si el grado de consistencia es inaceptable, quien toma las decisiones debe reconsiderar y modificar sus juicios sobre las comparaciones pareadas antes de continuar con el análisis.
 - c) Utilizando el principio de composición jerárquica se calculan las prioridades globales de los criterios para cada nodo respecto de la meta.
 - d) Por último se realiza la síntesis del problema para obtener la prioridad total de las alternativas mediante la agregación multiaditiva de las prioridades globales. Esto permite ordenar el conjunto de las alternativas consideradas y seleccionar la mejor alternativa para obtener la meta buscada.

2.3 Proceso Analítico de Jerarquías para problemas de clasificación

Cuando se presenta en un problema el análisis de alternativas independientes o su número es superior a nueve, se modifica el PAJ tradicional ya que no se necesita la comparación pareada de las alternativas entre sí. En estos casos, se emplea medidas absolutas o también llamadas *ratings* donde la elección se realiza en término de las intensidades de calificación para cada criterio. El modelo de *ratings* resuelve este problema construyendo una escala categórica o estándar, donde las alternativas son comparadas en relación a esta escala. Se requiere elegir a priori una escala categórica de varios niveles para cada indicador definido en cada criterio. Para obtener la intensidad de calificación de cada nivel de la escala se realiza la comparación pareada entre ellas y luego se normaliza.

Los pasos de esta metodología son similares a los del PAJ tradicional, reemplazando la comparación pareada de las alternativas respecto de cada criterio por la comparación de cada alternativa frente a la escala de cada criterio.

El puntaje final o síntesis de cada alternativa se obtiene por medio de la siguiente agregación multiaditiva, Ecuación (1) [7]:

$$s_i = \sum_j \bar{w}_j \bar{r}_{ij} \quad (1)$$

Dónde:

$\bar{w}_j$ = peso relativo normalizada del criterio j

$\bar{r}_{ij}$ = calificación normalizada (alternativa i y criterio j)

s_i = puntaje de evaluación de la alternativa i

3. ENFOQUE METODOLÓGICO

Para el desarrollo de este trabajo se definen, en primer lugar, los criterios y subcriterios de evaluación de proveedores para la empresa en estudio. El diseño del modelo de evaluación de desempeño se realiza mediante la aplicación del PAJ para problemas de clasificación, ya que la evaluación de cada proveedor es independiente. Los pasos a emplear se detallan a continuación:

- Definición de criterios y subcriterios de evaluación de proveedores: los criterios y subcriterios de evaluación de proveedores se definen teniendo en cuenta las prioridades competitivas del área de operaciones de la empresa. Estos deben ser precisos, medibles y comparables y por ello se especifican sus indicadores de desempeño.
- Obtención de los peso de los criterios y subcriterios de evaluación ($\bar{w}_j$): a través de matrices de comparaciones pareadas se establecen los vectores de prioridad locales y globales de los criterios y subcriterios de evaluación.
- Construcción de las escalas de calificación de los indicadores de desempeño: estas escalas permiten calificar cada uno de los indicadores definidos para evaluar el desempeño del proveedor en cada uno de los criterios y/o subcriterios. Para la construcción estas escalas se

aplican matrices de comparación pareadas. El vector de prioridad obtenido luego es normalizado en un rango de 1 a 10 puntos.

- Cálculo de la calificación normalizada ($\bar{r}_{ij}$): la calificación se obtiene comparando el indicador de desempeño de cada subcriterio para cada proveedor con su escala correspondiente.
- Evaluación de desempeño de cada proveedor: se determina el puntaje final de cada proveedor (s_i) mediante la aplicación de la Ecuación 1. La evaluación final se realiza en función de categorías de desempeño.

Para la construcción de las matrices de comparación pareadas se realizaron entrevistas con el Gerente General, Jefe de Producción y Jefe de Compras de la empresa en estudio. De estas entrevistas se determina en forma consensuada cuáles son las preferencias respecto a los criterios y subcriterios definidos.

4. APLICACIÓN Y RESULTADOS

4.1 Definición de criterios y subcriterios de evaluación de proveedores

Los criterios y subcriterios para evaluar a los proveedores de la empresa en estudio se seleccionan teniendo en cuenta las prioridades competitivas de la empresa, su entorno de producción (producción a pedido) y características de su sistema de compras. En la Figura 2 se presenta la estructura jerárquica de los criterios y en la Tabla 2 se muestran los indicadores de desempeño correspondientes.

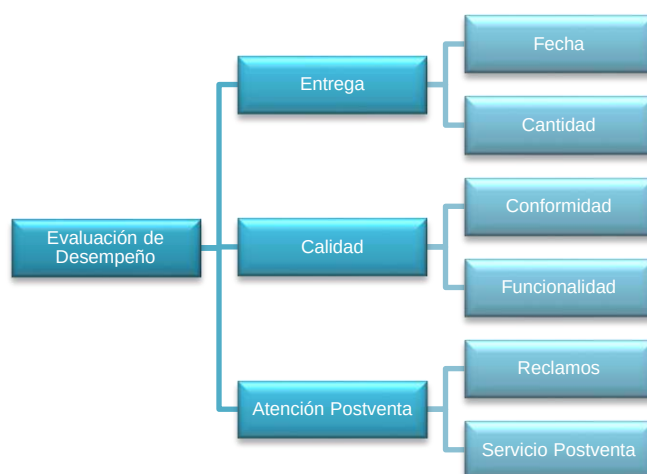


Figura 2: Estructura Jerárquica.

Criterio	Subcriterio	Indicador
Entrega	Fecha	% de pedidos entregados a tiempo
	Cantidad	% de pedidos entregados completos
Calidad	Conformidad	% de pedidos conformes
	Funcionalidad	% de productos sin fallas en uso
Atención Post-Venta	Reclamos	% de reclamos atendidos satisfactoriamente
	Servicio Post Venta	% de SPV atendidos satisfactoriamente

Tabla 2: Indicadores de Desempeño.

A continuación se definen los criterios y subcriterios seleccionados:

- Entrega: califica el cumplimiento de las entregas tanto en fechas como en cantidades.
 - Cumplimiento de las fechas de entrega: este subcriterio califica la entrega teniendo en cuenta la cantidad de veces que se cumplen los tiempos de entrega pactados.

- Cumplimiento de las cantidades de entrega: este subcriterio califica la entrega teniendo en cuenta la cantidad de veces que se cumplen las entregas del número de unidades pactadas.
- Calidad: califica el cumplimiento de todas las especificaciones de tipo funcional de los productos, tanto en su recepción como durante su funcionamiento.
 - Conformidad en recepción: este subcriterio califica el cumplimiento de las especificaciones de calidad pactadas en la orden de compra y verificadas al momento de la recepción.
 - Funcionalidad: verifica el correcto funcionamiento de los componentes comprados durante su uso como parte del producto final vendido por la empresa.
- Atención Postventa: Este criterio verifica el desempeño del proveedor en la atención ante reclamos y el servicio ofrecido luego de la compra de los componentes.
 - Reclamos: califica al proveedor según la solución que ofrece ante las no conformidades de calidad y gestión.
 - Servicio Postventa (SPV): Califica los SPV que ofrece el proveedor respecto al mantenimiento o reparación durante la vida útil del componente.

4.2 Obtención de los pesos de los criterios y subcriterios de evaluación

Para la obtención de los pesos de los criterios, se construye la matriz de comparación pareada correspondiente. En la Tabla 3 se aprecia el primer nivel de jerarquía definida para este caso. Se comparan los criterios definidos frente a su importancia para la calificación final del proveedor utilizando la escala de Saaty. El segundo nivel de jerarquía lo conforma la comparación de los subcriterios con respecto a cada criterio. Se muestra, a modo de ejemplo, en la Tabla 4 la matriz de comparación pareada para los subcriterios de entrega. Para todas las matrices efectuadas se verifica la consistencia de los juicios realizados.

Calificación final	Entrega	Calidad	Atención al cliente
Entrega	1	1	7
Calidad	1	1	3
Atención al Cliente	1/7	1/3	1

Tabla 3: Matriz de comparación pareada para los criterios

Entrega	Fecha	Cantidad
Fecha	1	2
Cantidad	1/2	1

Tabla 4: Matriz de comparación pareada para los subcriterios de entrega.

Los pesos de los criterios y subcriterios se obtienen a partir de los vectores de prioridades locales y globales y se presentan en la Tabla 5.

Criterios	Peso	Subcriterio	Peso	Peso Final
Entrega	0,5105	Fecha	0,6667	0,3404
		Cantidad	0,3333	0,1702
Calidad	0,3893	Conformidad	0,8750	0,3407
		Funcionalidad	0,1250	0,0487
At. al Cliente	0,1001	Reclamos	0,8571	0,0858
		Servicio Postventa	0,1429	0,0143

Tabla 5: Pesos de los criterios y subcriterios. Fuente: Elaboración propia.

4.3 Construcción de las escalas de calificación de los indicadores de desempeño

Los puntos de las escalas de cada indicador se obtienen mediante la construcción de matrices de comparaciones pareadas, definiendo previamente los distintos niveles en que se divide cada una. Los niveles de las escalas están en términos porcentuales. En la Tabla 6 se muestra a modo de ejemplo la matriz de comparación pareada para el indicador "Porcentaje de pedidos entregados a tiempo". A partir de las prioridades locales se obtienen las intensidades de calificación de cada nivel de la escala para cada indicador. Para ello, se divide el vector de prioridad local por el mayor valor obtenido en el mismo y luego se multiplica por diez para que el rango de calificación sea entre uno y diez puntos. Se presentan en las Tablas 7 a 12 las escalas obtenidas.

Porcentaje de pedidos entregados a tiempo	Mayor a 95%	Entre en 95% y 90%	Menor al 90 %	Prioridad Local
Mayor a 95%	1	5	9	0,7352
Entre en 95% y 90%	1/5	1	4	0,1994
Menor al 90 %	1/9	1/4	1	0,0654

Tabla 6: Matriz de comparación pareada indicador Porcentaje de pedidos entregados a tiempo.

Porcentaje de pedidos entregados a tiempo	Puntos
Mayor a 95%	10
Entre en 95% y 90%	3
Menor al 90 %	1

Tabla 7: Escala del indicador Porcentaje de pedidos entregados a tiempo.

Porcentaje de pedidos entregados completos	Puntos
Mayor a 95%	10
Entre en 95% y 90%	6
Menor al 90 %	1

Tabla 8: Escala del indicador Porcentaje de pedidos entregados completos.

Porcentaje de pedidos conformes	Puntos
Mayor a 98%	10
Entre en 98% y 95%	5
Entre en 95% y 90%	2
Menor al 90 %	1

Tabla 9: Escala del indicador Porcentaje de pedidos conformes.

Porcentaje de productos sin fallas en uso	Puntos
Mayor a 95%	10
Entre en 95% y 90%	4
Menor al 90 %	1

Tabla 10: Escala del indicador Porcentaje de pedidos sin fallas en uso.

Porcentaje de reclamos atendidos satisfactoriamente	Puntos
Mayor a 95%	10
Entre en 95% y 90%	6
Menor al 90 %	1

Tabla 11: Escala del indicador Porcentaje de reclamos atendidos satisfactoriamente.

Porcentaje de SPV atendidos satisfactoriamente	Puntos
Mayor a 95%	10
Entre en 95% y 90%	6
Menor al 90 %	1

Tabla 12: Escala del indicador Porcentaje de SPV atendidos satisfactoriamente.

4.4 Cálculo de la calificación normalizada

Para evaluación de desempeño se consideran cuatro proveedores actuales de la empresa en estudio y como primer paso se procede a calcular el puntaje obtenido para cada indicador según las escalas definidas anteriormente (Tabla 13).

Indicador de desempeño	Valor del Indicador				Puntaje Obtenido			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
% de pedidos entregados a tiempo	43,56%	21,29%	60,49%	78,49%	2	1	5	5
% de pedidos entregados completos	97,55%	100,00%	100,00%	100,00%	6	10	10	10
% de pedidos conformes	92,19%	95,28%	100,00%	100,00%	2	5	10	10
% de productos sin fallas en uso	98,16%	100%	100,00%	99,46%	4	10	10	4
% de reclamos atendidos satisfactoriamente	100%	100%	100%	100%	10	10	10	10
% de SPV atendidos satisfactoriamente	100%	100%	100%	100%	10	10	10	10

Tabla 13: Calificación obtenida de cada proveedor para cada indicador de desempeño.

4.4 Evaluación de desempeño de cada proveedor

Se evalúa el desempeño de cada proveedor calculando su puntaje final obtenido mediante la aplicación de la Ecuación 1. La evaluación final se realiza en función de las siguientes tres categorías de desempeño:

- 1- Desempeño confiable: puntaje final mayor o igual a 8.
- 2- Desempeño riesgoso: puntaje final menor a 8 y mayor que 5.
- 3- Desempeño crítico: puntaje final menor o igual a 5.

Un desempeño confiable significa que el proveedor puede continuar trabajando con la empresa sin inconvenientes. Un desempeño riesgoso implica que el proveedor debe presentar un plan de acción enfocado en mejorar su desempeño en aquellos criterios en los que obtuvo una calificación menor. Finalmente, si su desempeño es crítico se procede a la búsqueda de un nuevo proveedor para el componente ya que se considera que no podrá cubrir las necesidades de la empresa de forma adecuada.

En la Tabla 14 se presenta el puntaje final y evaluación de desempeño para los cuatro proveedores analizados.

	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3	Proveedor 4
Puntaje	3,58	5,23	8,30	8,01
Evaluación	Desempeño Crítico	Desempeño Riesgoso	Desempeño Confiable	Desempeño Confiable

Tabla 14: Evaluación de desempeño de cada proveedor.

4. CONCLUSIONES

El modelo propuesto es de fácil implementación para la empresa en estudio, ya que la información requerida para la evaluación está directamente relacionada con las actividades normales del proceso de gestión de proveedores. Permite al Jefe Compras realizar el proceso de evaluación de proveedores requerido por la norma ISO 9001 en forma sistemática y consistente con la estrategia de la empresa. Se recomienda la implementación de planillas de cálculo informáticas que automaticen el procesamiento de datos utilizando como información de entrada los pesos de los criterios y subcriterios y el valor de los indicadores de cada proveedor al momento de realizar la evaluación. Este método de evaluación considera múltiples criterios para su desarrollo, la aplicación del PAJ para problemas de clasificación proporciona un soporte matemático para restar impacto a la subjetividad que existe en el proceso de evaluación y brinda mayor confianza en los resultados obtenidos.

5. REFERENCIAS

- [1] Chopra, S; Meindl, P. (2008). *Administración de la Cadena de Suministro. Estrategia, Planeación y Suministro*. México. Tercera Edición. Pearson Education. México.
- [2] Tabone, Luciana; Esteban, Alejandra; Mortara, Verónica; Zárate, Claudia. (2017). "Selección de Proveedores en una Empresa Metalmecánica Aplicando Proceso Analítico de Jerarquías y Programación por Metas". *XXX Encuentro Nacional de Docentes en Investigación Operativa (ENDIO) – XXVIII Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa (EPIO)*. Córdoba, Argentina.
- [3] Valqui Vidal, R. (2010): "La Investigación de Operaciones: un Campo Multidisciplinario". *Encuentro Científico Internacional, ECIPERU*. Proyecto Libro Digital PLD 0635, pp. 47-52. Guzlop Editoras. Perú. Versión obtenida el 26/11/15. http://guzlop-editoras.com/web_des/mat01/investigaopera/pld0635.pdf.
- [4] Martínez Rodríguez, E. (2007). "Aplicación del Proceso Jerárquico de Análisis en la Selección de la Localización de una PYME". *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, vol 40, pp. 523-542. Colombia.
- [5] Toskano Hurtado, G. (2005). "El Proceso de Análisis Jerárquico como Herramienta para la Toma de Decisiones en la Selección de Proveedores". *Tesis de la Facultad de ciencias matemáticas. Universidad Nacional de San Marcos*. Lima, Perú. Versión obtenida el 18/11/15. http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano_hg/toskano_hg.pdf.
- [6] Saaty, T. (2008): "Decision Making with the Analytic Hierarchy Process". *Int. J. Services Sciences*, vol. 1, No. 1, pp. 83-98.
- [7] Curchod, M.; Alberto, C. (2014). "Performance of Justice in Argentina. AHP Ratings Model". *Aplicación de Multi-Metodologías. Para La Gestión y Evaluación de Sistemas Sociales y Tecnológicos, Tomo II*, pp 35-45. Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Económicas de la U.N.C, Córdoba.

Selección de la mezcla de productos comparando la metodología de costeo ABC con la Teoría de las Restricciones

Berardi, María B.¹, Zárate, Claudia N.²

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata
Juan B. Justo 4302. 7600 Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
¹ bberardi@fi.mdp.edu.ar; ² cnzarate@fi.mdp.edu.ar*

RESUMEN

El Costeo Basado en Actividades (ABC) y la Teoría de las Restricciones (TOC) representan paradigmas alternativos a los sistemas tradicionales de contabilidad basados en los costos. Ambos modelos están diseñados para superar las limitaciones de los sistemas basados en el costo tradicional y, por lo tanto, proporcionar información más relevante para la evaluación de las decisiones económicas de asignación de recursos. Este trabajo se introduce en la problemática de la mezcla óptima de producción y aplica ambos modelos. Obtiene como resultado dos mezclas distintas según sea el modelo aplicado. Además desarrolla un modelo más general y demuestra que TOC y ABC son casos especiales de este modelo cuando la gestión de la empresa puede disponer de la utilización de los recursos que no son restricciones o cuello de botella del sistema de producción. Se presenta un ejemplo numérico desarrollado en una empresa de la ciudad de Mar del Plata dedicada a la comercialización y distribución de productos metalúrgicos que opera con tres actividades: recepción, empaque y despacho.

Palabras Claves: Costeo ABC - TOC - Mezcla de producción

ABSTRACT

Activity Based Costing (ABC) and Constraint Theory (TOC) represent alternative paradigms to traditional cost accounting systems. Both models are designed to overcome the limitations of systems based on traditional cost and thus provide more relevant information for the evaluation of economic decisions of resource allocation. This work also develops a more general model and shows that TOC and ABC are special cases of this model when the management of the company can provide the use of resources that are not constraints or bottleneck of the production system. This paper presents a numerical example developed in a company of the city of Mar del Plata dedicated to the marketing and distribution of metallurgical products that operates with three activities: reception, packing and dispatch.

Key Words: ABC Costing - TOC - Production Mix

1. INTRODUCCIÓN

La empresa a través de la cual se aborda el tema de la selección de la mezcla óptima de producción, es una empresa PYME de servicios, cuya función principal es la de comercializar productos metalúrgicos.

La empresa opera más de 30 familias de productos, entre las que se cuentan caños de diferente diámetro y largo, chapas de diversos tipos y tamaños y otros artículos derivados de la industria metalúrgica.

Los procesos centrales de la organización consisten en adquirir los productos, almacenarlos y distribuirlos finalmente a sus clientes. En consecuencia, las actividades productivas que se desarrollan en la empresa son:

- ✓ recepción y descarga de los materiales que ingresan al depósito
- ✓ empaque y estacionamiento de los productos en el almacén
- ✓ despacho hacia el mercado de los clientes.

La mezcla de productos es una decisión que debe tomar el gerente de la organización, cuyo resultado proporciona las cantidades óptimas de producción de un grupo de productos sujetos a las restricciones de capacidad de los recursos disponibles en el sistema y de la demanda del mercado.[1]

La contabilidad gerencial ya no es capaz de proveer a los gerentes la información necesaria para tomar buenas decisiones [2]. Hay muchas discusiones acerca de cuáles deberían ser las funciones de un sistema de contabilidad gerencial y, en consecuencia, sobre cuál es la información necesaria para tomar decisiones. Por tanto, se necesita información que demuestre que la decisión que se está analizando incrementa la rentabilidad de la empresa.

El costeo basado en actividades —ABC— utiliza el análisis de actividades y el costo del producto para verificar si la decisión incrementa la rentabilidad de la empresa.

Por otra parte, la contabilidad del tróput, derivada de la aplicación de la Teoría de las Restricciones o TOC (*Theory of Constraints*), utiliza el impacto sobre sus tres medidores (tróput, inventario y gastos de operación) para responder la misma pregunta.

Todo sistema de producción está formado por un conjunto de recursos de entre los cuales habrá al menos uno de ellos que será la restricción o cuello de botella. Esto supone la existencia de recursos restrictivos y recursos no restrictivos. El cálculo de la mezcla de producción impacta sobre la utilización de los recursos puestos en juego en producción. Naturalmente agotará los recursos restrictivos y generará recursos no utilizados, que de acuerdo al entorno del sistema, podrán o no destinarse a otras operaciones que no forman parte de la mezcla.

El poder de decisión que puede tener el gerente acerca de su utilización – o discrecionalidad – actúa como una nueva variable a la hora de tomar la decisión de la mezcla.

El objetivo de este trabajo es el de encontrar la mezcla óptima de productos considerando para ello dos metodologías distintas: el modelo ABC y el modelo de la Teoría de las restricciones, considerando la discrecionalidad de los recursos.

2. MARCO TEÓRICO

El Costeo Basado en Actividades (ABC) y la Teoría de las Restricciones (TOC) representan ejemplos alternativos de los sistemas de contabilidad costos. Ambos paradigmas están planteados para superar las limitaciones de los sistemas tradicionales de costos y proporcionan, por lo tanto, información más relevante para la evaluación de las consecuencias económicas de las decisiones de asignación de recursos.

2.1. Sistema de costos ABC

El sistema de costos basado en las actividades pretende encontrar el costo real de cada producto basándose en las actividades por las cuales éstos se obtienen. Se determina el costo de las actividades, dado que las mismas consumen recursos y que los productos consumen actividades. Los recursos asociados a costos indirectos se atribuyen a las actividades que ellos sustentan. Posteriormente, los costos por actividad son asignados a los productos en proporción a una medida seleccionada de sus cargas individuales, conocido como un inductor de costos. El inductor de costos es normalmente una medida del volumen de las operaciones asociadas con una actividad.

Sin embargo, ABC es cuestionado porque no identifica ni elimina las restricciones que conducen a excesos y variaciones en los procesos de producción. Eliminar restricciones puede ser el primer paso para que una empresa reduzca sus costos y aumente su competitividad. Cooper y Kaplan [3] señalan que ABC mide el uso de los recursos con respecto a la demanda de una actividad de producción. Si la demanda de una actividad es menor que el nivel de servicio provisto, ABC asigna el costo de estos recursos en exceso como “capacidad no utilizada”. Muchos de los recursos de la empresa se contratan antes de su uso, tales como el equipamiento de fábrica, o en virtud de la política de gestión, la retención de personal en períodos de exceso de capacidad de mano de obra.

A corto plazo podría ocurrir que la empresa no controle el costo de estos recursos. Por lo tanto, los recursos utilizados en la producción pueden ser distintos a los recursos suministrados a la producción. En consecuencia, a corto plazo, el comportamiento de los costos representado por ABC en la toma de decisiones relacionadas con la producción no reflejaría el nivel de gasto que la firma incurrirá a partir de estas decisiones. Por un período de tiempo suficientemente largo, una firma puede ajustar su relación contractual con los proveedores y sus políticas de gestión para que coincida con el uso y suministro de recursos. Bajo estas condiciones, ABC reflejará el nivel de gasto que la firma puede esperar incurrir por decisiones relacionadas con la producción, es decir, el costo de uso de recursos es equivalente a los recursos suministrados a la producción.

En un horizonte temporal corto o intermedio, la dirección de una empresa puede no ser capaz de ajustar la capacidad de una actividad para satisfacer las necesidades de producción de la empresa. Sin embargo, ABC no considera esta limitación en la selección de una mezcla de productos. A largo plazo, la capacidad de las actividades de producción puede ser ajustada para satisfacer la demanda de los productos de firma, sin embargo, incluso entonces, las tasas de costo-inductor se basan en niveles específicos de capacidad de producción. El análisis de esta capacidad es crítico para comprender las oportunidades de producción inherentes a los índices de costo y para evaluar si estos niveles de capacidad son óptimos para la firma.

2.2. Teoría de las Restricciones

La teoría de las restricciones ha sido desarrollada por Goldratt como un proceso de mejora continua [4]. El foco de TOC es la gestión de las actividades cuello de botella que restringen el rendimiento de la empresa. Según el mismo autor, cualquier sistema tiene al menos una restricción. TOC consiste en un conjunto de procedimientos que se centran para la identificación de un cuello de botella y la gestión del sistema de producción con respecto a esta restricción, mientras que los recursos se gastan para eliminar esta limitación en el sistema. Cuando se libera un cuello de botella, la firma se mueve a un nivel más alto de la consecución de objetivos y se encontrarán uno o más nuevos cuellos de botella. El ciclo de la gestión de la empresa con respecto al nuevo cuello de botella se repite, lo que lleva a mejoras sucesivas en las operaciones y desempeño de la empresa. TOC se implementa midiendo la tasa a la que el sistema genera dinero a través de ventas; del inventario: todo el dinero que el sistema invierte en la compra de artículos que el sistema pretende vender; y de los gastos de operación: todo el dinero que el sistema gasta convirtiendo inventario en rendimiento: tróput. De acuerdo a este sistema, la mano de obra y los gastos generales son recursos que la empresa se ha comprometido a adquirir y sobre ellos no tiene influencia, por lo tanto se tratan como gastos del ejercicio. Además, los materiales directos se tratan como el único costo variable.

2.3 Elección de la mezcla de producción

Una de las aplicaciones de uso frecuente para comparar la decisión entre el modelo ABC y el de TOC es la selección de una combinación óptima de los productos [5], [6]. Esta decisión consiste en determinar el conjunto de productos que maximiza la rentabilidad de las empresas. Modelar esta decisión cuando los costos son proporcionales a la producción es relativamente sencillo. Sin embargo, cuando los recursos son consumidos por unidad, por lotes, y por actividades, la decisión del mix se vuelve más complicada de tomar.

El modelo ABC ha sido criticado por su utilidad en las decisiones de corto plazo ya que se basa en los recursos utilizados en la producción. Muchos de los recursos de la empresa se contratan antes de su uso, tales como alquiler de equipamiento de fábrica, o de acuerdo a la política de gestión, como la permanencia de trabajadores en períodos de exceso de capacidad de mano de obra. A corto plazo, el costo de estos recursos puede no ser controlable por la empresa. Por lo tanto, los recursos utilizados en la producción pueden ser distintos a los recursos suministrados a la producción. En consecuencia, a corto plazo, el comportamiento de los costos representados por ABC en la toma de decisiones relacionadas con la producción puede no reflejar el nivel de gasto que la firma incurrirá a partir de estas decisiones. Sin embargo, en un período de tiempo suficientemente largo, una firma puede, por ejemplo, ajustar su relación contractual con los proveedores o sus políticas de gestión para que el uso y suministro de recursos sea el mismo. Bajo estas condiciones, ABC reflejará el nivel de gasto que la firma puede esperar incurrir por decisiones relacionadas con la producción, es decir, el costo de uso de recursos es equivalente a los recursos suministrados a la producción. Por otra parte, TOC afirma que la mano de obra y los gastos generales son costos comprometidos, por lo tanto, asignar el costo de estas actividades a los productos es irrelevante para la toma de decisiones. Operativamente, TOC implica maximizar el rendimiento sujeto a actividades de cuello de botella de la empresa. Como ha señalado Goldratt [7], el uso de TOC representa un cambio de paradigma en la aplicación de la contabilidad de costos para que mediante medidas operativas globales de TOC, se orienten las decisiones relacionadas con la producción.

En su trabajo, Kee y Schmidt [8] muestran que el beneficio de la mezcla obtenida por TOC será siempre mayor si se analizan los costos de los recursos suministrados a la producción, mientras

que el beneficio de la mezcla obtenida por ABC será siempre mayor si se consideran los costos usados en la producción. Esto es:

- $Z_{TOC} > Z_{ABC}$ si se analizan los costos SUMNISTRADOS a la producción
- $Z_{ABC} > Z_{TOC}$ si se analizan los costos USADOS en la producción

Esto justifica la elección de un modelo u otro considerando los plazos de la decisión. En el corto plazo se presume que el gerente no puede consignar el uso de los recursos a otros destinos y en consecuencia debe evaluar el beneficio considerando los recursos suministrados a la producción. En consecuencia la mezcla óptima será brindada siguiendo el modelo de TOC.

En cambio, en el largo plazo, el supuesto de direccionar los recursos a otras aplicaciones se considera válido y la mezcla brindada por ABC sería la de mayor beneficio.

2.4. Decisiones de gestión sobre el grado de control de los recursos del mix de producción.

Las diversas herramientas gerenciales que han ido desarrollándose con objeto de facilitar la toma de decisiones de los gerentes, como ABC y TOC, han dado lugar a la discriminación entre recursos suministrados a la producción y recursos utilizados en la producción. Cooper y Kaplan [3] notan que ABC mide la utilización de los recursos respecto de la demanda sobre una actividad y asignan el exceso de recursos a lo que denominan “capacidad no utilizada”. Esta capacidad no utilizada puede asignarse a otras actividades que sí puedan contribuir a aumentar rentabilidad de la organización.

El exceso de capacidad de producción es determinado en parte por las restricciones de la estructura del sistema productivo. Las restricciones juegan un rol fundamental en la comprensión acerca de la existencia de capacidad no utilizada. La posibilidad de asignar tales recursos a otras actividades da lugar a la constitución de un nuevo modelo para obtener la mezcla óptima considerando la discrecionalidad de los recursos [7].

Cuando se aplica la TOC, está implícito que el gerente no tiene ningún poder de decisión relacionado con asignar los recursos no utilizados a otras aplicaciones. Mientras que en ABC, el gerente puede disponer de la totalidad de los recursos no usados a otras operaciones. Ambas condiciones son extremas. Si el gerente puede tener cierto grado de control acerca de la asignación de estos recursos, entonces esto afectará la decisión de la mezcla óptima.

Se llaman recursos NO DISCRECIONALES aquellos que no se pueden asignar a otras aplicaciones. Esto significa que no existen otras operaciones que puedan utilizarlos y en consecuencia su suministro se debe deducir del beneficio de la mezcla aunque no sean utilizados. Por otra parte, se denominan RECURSOS DISCRECIONALES a aquellos recursos que el gerente puede disponer a otras aplicaciones si no son utilizados en la obtención de la mezcla. Como resultado el costo de estos recursos, si no son usados, no se deducen del beneficio de la mezcla.

La existencia de la discrecionalidad en los recursos puede hacer que las mezclas obtenidas por TOC y ABC sean subóptimas, y en consecuencia deba hallarse una nueva mezcla que optimice el beneficio. No obstante, la filosofía impuesta por la TOC asume que el gerente no puede decidir acerca de los recursos discrecionales [7].

4. DESARROLLO

La empresa, tal como se mencionó, comercializa alrededor de 30 productos. Para el desarrollo de este trabajo, se realizó un análisis de Pareto a fin de determinar los principales productos de la misma. Como resultado de dicho análisis, se obtuvo que la familia de caños (X1) y la familia de chapas (X2), representan el 80% de los ingresos. En consecuencia son los que se utilizarán para obtener la mezcla óptima de producción.

En la Tabla 1, se presentan las características de operación para ambos productos, la capacidad disponible de cada actividad y su costo asociado en \$ /mes y \$/h.

Tabla 1: Recursos requeridos y disponibles

Actividades	Productos		Capacidad de la actividad (h/mes)	Costo de la actividad (\$/mes)	Costo de la actividad (\$/h)
	X1	X2			
Descarga (h/u)	0,2888	0,3333	800	92000	115
Empaque (h/u)	0,4333	0,2222	1600	118400	74
Despacho (h/u)	0,2	0,16	1600	150000	94

La actividad de descarga trabaja un turno mientras que los recursos asignados a las actividades de empaque y despacho trabajan dos turnos.

La demanda esperada para el período analizado es de 3000 unidades de X1 y 3000 unidades de X2

4.1 Cálculo de la contribución marginal de los productos

Para el cálculo de la contribución marginal según el modelo ABC, se analizan los costos de las operaciones que realiza la empresa - descarga, empaque y despacho- y se asignan a los productos en función del uso de los recursos que dichas actividades consumen. Así, el *cost-driver* para la actividad de descarga es el número de horas de puente grúa utilizado en dicha actividad. Para las actividades de Empaque y Despacho el *cost-driver* es el número de horas de autoelevador que se emplean.

De acuerdo al modelo de TOC, se calcula el tróput por unidad como el precio de venta menos el costo de materia prima. La TOC considera el costo de las materias primas como el único costo variable que debe ser tenido en cuenta en el cálculo de la contribución marginal. El resto de los costos “variables” se asignan como gastos del ejercicio.

En la Tabla 2 se presentan los valores de las contribuciones marginales de ambos modelos. El costo de materia prima corresponde al costo de compra de cada producto.

Tabla 2: Cálculo de contribución marginal

	Productos	
	X1	X2
Costo de materia prima (\$ / u)	50	80
Costo de descarga (\$ / u)	33	38
Costo de empaque	32	17
Costo de despacho (\$ / u)	19	15
Costo total unitario ABC (\$ / u)	134	150
Precio (\$ / u)	220	260
Contribución Marginal ABC (\$ /u)	86	110
Contribución Marginal TOC (tróput) (\$ /u)	170	160

Se observa que la contribución marginal arrojada por ambos modelos no sólo es distinta sino que el orden de preferencia de los artículos resulta opuesto. Para el modelo ABC, es preferible, es decir, que tiene mayor contribución marginal, el producto X2, mientras que para el modelo TOC es X1 el de mayor rentabilidad.

4.2 Obtención de la mezcla óptima de producción

Para la obtención de la mezcla óptima de producción se analiza la contribución marginal de cada producto y, en función del modelo, el criterio de decisión varía.

En el caso del modelo ABC, el criterio que se sigue es el de agotar el recurso restrictivo con el producto cuya contribución marginal sea mayor.

En el modelo TOC, el criterio es el de agotar el recurso restrictivo con aquel producto cuyo margen de contribución por unidad de recurso escaso es mayor.

Considerando la demanda prevista de 3000 unidades para cada producto y tomando en cuenta la capacidad disponible, se puede concluir que la actividad de “descarga” es el recurso que restringe la producción.

En la Tabla 3, se presenta la mezcla de producción obtenida siguiendo ambos modelos.

Se muestran también en la tabla 3 la disposición de recursos, usados y no usados, como resultado de la selección de cada mix de productos.

Por último, se calcula el ingreso total, el beneficio basado en los recursos usados en las actividades operativas de la organización y el beneficio basado en los recursos suministrados a la producción.

Tabla 3: Mezcla de productos por TOC y ABC

Mezcla de productos seleccionados por TOC	Productos	
	X1	X2
Tróput/unidad	170	160
Horas de descarga	0,2888	0,3333
Tróput/horas de descarga	589	480

Producción	2770	0
Disposición de recursos	Usados	NO usados
Horas de descarga	800	0
Horas de empaque	1200	400
Horas de despacho	554	1046
Mezcla de productos seleccionados por ABC		
Producción máxima	0	2400
Disposición de recursos	Usados	NO usados
Horas de Descarga	800	0
Horas de empaque	533	1067
Horas de despacho	384	1216
INGRESOS	TOC	ABC
	609400	624000
Costo de los recursos usados en la producción		
materia prima	138500	192000
descarga	92000	92000
empaque	88800	39442
despacho	52076	36096
Costos Totales de recursos usados en la producción	371380	359538
Beneficio basado en los recursos usados en la producción	238227	264462
Costos Totales de recursos suministrados a la producción	498904	552400
Beneficio basado en los recursos suministrados a la producción	110496	71600

En el supuesto que los recursos en exceso son NO discrecionales la empresa incurrirá en el costo de estos recursos independientemente de la mezcla de productos seleccionada. En estas circunstancias, su costo se deducirá de los ingresos. Esta situación se ve reflejada en los resultados de la Tabla 2

La mezcla arrojada por TOC genera un beneficio sensiblemente mayor considerando el beneficio basado en los recursos suministrados.

La mezcla arrojada por ABC genera un beneficio si se considera la rentabilidad basada en los recursos usados en la producción.

En la figura 1, se muestra el gráfico de la cantidad de productos X1 y X2 que es factible producir. El área factible para producir los productos X1 y X2 está determinada por la capacidad de la actividad Descarga, que es el “cuello de botella” o restricción de la empresa. Además, un análisis de la figura 1 indica que las limitaciones que no son cuello de botella (Empaque y Despacho) no se cruzan ni interactúan con la restricción de cuello de botella. Se muestra también, con línea punteada, la demanda de cada producto.

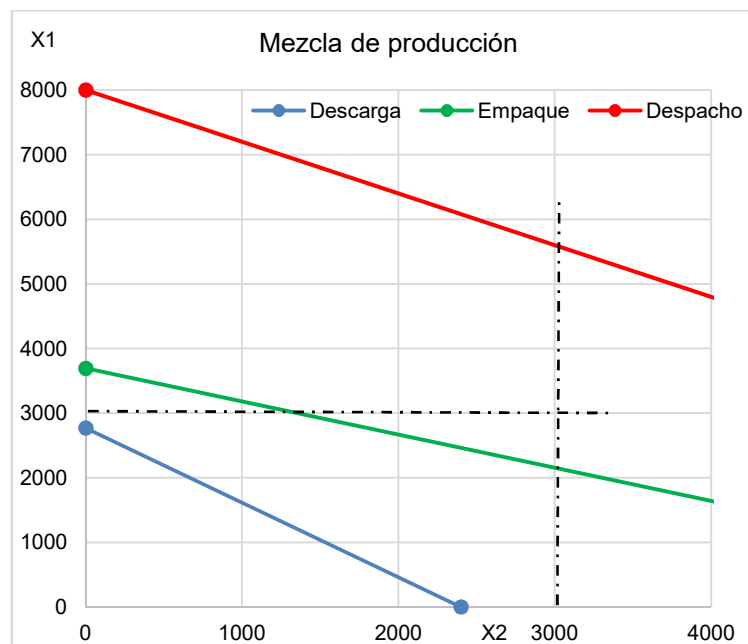


Figura 1: Producción y restricciones de demanda

Sin embargo, si los recursos de empaque y despacho fueran discrecionales, es decir, si se tiene poder de decisión sobre ellos, estos recursos no utilizados pueden ser empleados en otros usos dentro de la empresa y el beneficio de la mezcla de productos seleccionados puede mejorar. Para el caso de que parte de los recursos que no son cuello de botella fueran discrecionales, el mix de productos podría conducir a un mayor beneficio para la empresa. En la figura 2 se grafica la capacidad operativa considerando que parte de las horas de empaque son discrecionales.

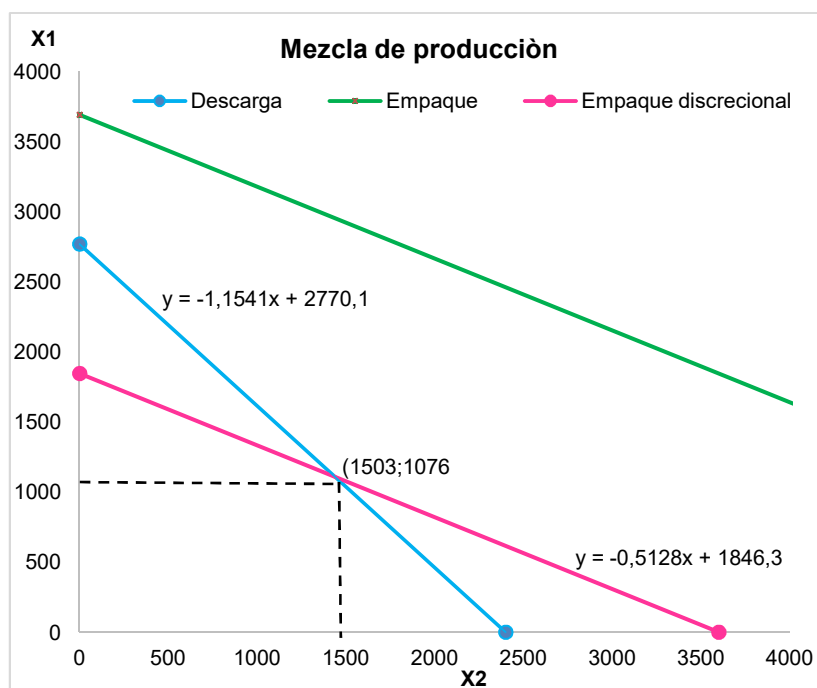


Figura 2: Producción con horas de Empaque discrecionales

En la Tabla 4 se muestran los resultados suponiendo que la mitad de la capacidad de la actividad empaque es discrecional. Esto significa considerar que la empresa cuenta con 800 horas de empaque no discrecionales y 800 horas de empaque discrecionales. El nuevo modelo arroja como resultado 1076 unidades de producto X1 y 1503 unidades de producto X2

Tabla 4: Análisis comparativo de las mezclas de productos seleccionadas

	TOC	ABC	MODELO
MEZCLA DE PRODUCCION			
X1	2770		1076

	X2		2400	1503
Recursos usados en la producción				
Horas de DESCARGA	800	800	800	
Horas de empaque NO discrecionales	800	535	800	
Horas de empaque discrecionales	400	0	0	
Horas de despacho	554	384	530	
Recursos NO usados				
Horas de empaque NO discrecionales	0	267	0	
Horas de empaque discrecionales	400	800	800	
Horas de despacho	1046	1216	1070	
INGRESOS				
	609400	624000	627500	
Costos de recursos usados en la producción				
Materia prima directa	138504	192000	174040	
Horas de descarga	92000	92000	92622	
Horas de empaque	88800	39442	59983	
Horas de despacho	52076	36096	42989	
Costos Totales de recursos usados en la producción	371380	359538	369634	
Beneficio basado en los recursos usados	238020	264462	257866	
Costo de recursos NO discrecionales NO usados	127524	134062	100580	
Beneficio esperado	110496	130400	152286	

Se observa que la mezcla obtenida según ABC genera mayor beneficio considerando sólo los recursos utilizados. No obstante si se deducen los costos de los recursos NO discrecionales suministrados a la producción, la mezcla derivada del modelo propuesto es la que maximiza el beneficio. En ninguna de las dos situaciones, la mezcla generada siguiendo el modelo TOC arroja la máxima rentabilidad

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

- Se analizaron los costos de producción de dos familias de productos según metodología ABC y TOC
- A partir del cálculo del margen de contribución unitaria, se observa que el grado de interés de los productos es distinto, según se calcule utilizando el modelo ABC y el TOC. Esto complejiza la obtención de la mezcla óptima de producción.
- Se obtuvo la mezcla óptima, que maximiza el beneficio, según los criterios definidos por ambas metodologías. Los resultados son consistentes con la literatura consultada [5], [8].
- Si se considera que todos los recursos son NO discrecionales, la mezcla derivada de aplicar el modelo e TOC es la que maximiza el beneficio si se consideran los recursos suministrados a la producción. En cambio, si se analizan los recursos utilizados en la producción, la mezcla obtenida por el modelo ABC es la que mayor beneficio arroja.
- Si se considera que la mitad de las horas destinadas a empaque, que es un recurso no restrictivo, son discrecionales, ni la mezcla ABC ni la mezcla TOC optimizan el beneficio. La mezcla derivada de aplicar el nuevo modelo, considerando dicha discrecionalidad, es la que maximiza el beneficio esperado

6. REFERENCIAS.

- [1] Krajewski, Lee J; Ritzman, Larry P; Malhotra, Manoh K. (2008) *Administración de operaciones*. México. 8° Ed. Pearson Educación, México
- [2] Patricia González G., John Willmer Escobar V. (2008) "Teoría de las restricciones (TOC) y la mecánica del Throughput Accounting (TA). Una aproximación a un modelo gerencial para toma de decisiones: caso compañía de Cementos Andino S.A." *Cuadernos de Contabilidad*, vol. 9 / no. 24 / 209-228. Bogotá, Colombia

- [3] Cooper,R; Kaplan,R. (1992). "Activity-based systems: measuring the costs of resource usage". *Accounting Horizons* 6 (3) 1-13.
- [4] Goldratt, E.M., (1990). *Theory of Constraints*. North River Press. Croton-on-Hudson. cNew York. USA.
- [5] Kee,R. (1995) "Integrating activity-based costing with the theory of constraints to enhance production-related decision making," *Accounting Horizons* 9 (4) 48 - 61.
- [6] Low,J (1992) "Do we really need product costs? The theory of constraints alternative". *Corporate Controller* 5 (1) 2636.
- [7] Goldratt,E. (1990). *The Haystack Syndrome Sifting Information Out of the Data Ocean*, North River Press, Croton-on Hudson, NY.
- [8] Kee,R.; Schmidt,C. (2000) "A comparative analysis of utilizing activity-based costing and the theory of constraints for making product-mix decisions". *Int. J. Production Economics* 63, 1-17

MODELO DE OPTIMIZACIÓN MULTI-PERÍODO DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE PAPEL

Pitashny, Sofía*; Rodríguez, M. Elvira*; Muñoz, M. Agustina; Rodríguez, M. Analía⁽¹⁾

*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe
Santa Fe, 3000, Lavaisse 610
sofiapitashny@gmail.com, mrodriguez@frsf.utn.edu.ar, magustina.munoz@gmail.com,
r_analia@santafe-conicet.gov.ar*

*(1) IPQA (CONICET-UNC), Córdoba, 5000, Velez Sarsfield 1611
r_analia@santafe-conicet.gov.ar*

RESUMEN

En la actualidad la cadena de suministro de papel (CSP) no se encuentra desarrollada integralmente en Argentina, cuenta con instalaciones obsoletas y una capacidad de producción que imposibilitan cubrir la demanda interna, representando un sector deficitario. En este contexto, son necesarias inversiones para aumentar la capacidad instalada y mejorar la infraestructura, logrando la integración de sus eslabones.

Dada la complejidad de la CSP, lograr que la misma opere de un modo integral eficientemente requiere desarrollar una herramienta específica que facilite la toma de decisiones en este sentido. Por tal motivo en el presente trabajo se propone el desarrollo de un modelo de programación matemática que brinde el diseño óptimo de la CSP. Dicha cadena se compone de numerosos nodos: plantaciones de distintas especies, fábricas elaboradoras de pulpas y de papel, que pueden instalarse en diversas localizaciones, y plantas integradas que producen ambos productos en un sitio. Se pueden utilizar diversas materias primas y distintos procesos para producir diferentes tipos de pulpas y papeles, y pueden usarse mezclas de pulpas vírgenes con pulpas de papel reciclado, lo cual implica considerar nodos de recolección, clasificación y flujos inversos dentro de la cadena. Se consideran cuatro familias de productos: el papel tissue, de embalaje, prensa y de impresión, los cuales constituyen el conjunto de papeles mayormente comercializados en Argentina.

Se propone un enfoque multi-período que permite desagregar las decisiones relativas a montos de inversión para la instalación de las diversas plantas y tipos de procesos. El modelo considera que las decisiones tomadas en un período determinado influyen en aquellas tomadas durante períodos futuros y se formula como un programa matemático mixto entero lineal. Busca alcanzar el diseño óptimo de la CSP determinando los flujos de materias primas, la localización de nodos, sus tamaños y los procesos ejecutados en un horizonte de 5 años. El objetivo es minimizar los costos totales (operativos, fijos, de inversión y transporte). Finalmente, se implementa un caso de estudio en el sistema GAMS con el objetivo de evaluar y analizar las soluciones obtenidas a partir del modelo desarrollado.

Palabras Claves: Cadena de suministro, Papel, Optimización multi-período.

ABSTRACT

Nowadays the paper supply chain (PSC) does not operate in an integrated manner in Argentina, possesses obsolete facilities and a production capacity which is not enough to cover internal demand. In sum, there is a large deficit in the Argentinean paper sector. Investments are necessary to increase the installed capacity and to improve the infrastructure, in order to achieve the integration of this supply chain.

Given the complexity of the PSC, a specific tool is required to efficiently operate the integrated supply chain and facilitate the decision making. With this purpose, a mathematical programming model is developed in this work with the aim at optimizing the PSC design.

The above mentioned supply chain consists of numerous nodes: different species plantations, pulp and paper mills, which can be located in diverse places and integrated factories that produce both products in the same site. It is possible to use diverse raw materials and different processes to produce a set of pulps and papers, and virgin pulp can be mixed with recycled paper pulp, which implies the location of nodes of compilation, classification and inverse flows inside the chain. Tissue paper, packing paper, newsprint and impression paper are the four product families considered, commercialized mainly in Argentina.

A multiperiod approach is proposed that allows a disaggregation of the investment decisions, i.e. the installation of diverse plants and types of processes.

The model considers that taken decisions in a certain period, will influence those taken during future periods and a mixed-integer linear programming (MILP) is formulated. The model seeks the best design of the paper supply chain determining the raw materials flows, the nodes locations, assets sizes and processes in 5 years horizon. The aim is to minimize total costs (operative, fixed, of investment and transport). A case of study is implemented in GAMS system in order to validate the proposed formulation.

Keywords: Supply chain, Paper, Multiperiod Optimization

1. INTRODUCCIÓN

En nuestro país, la CSP dentro del complejo forestal presenta grandes desafíos. Actualmente esta cadena de suministros (CS) no se encuentra desarrollada en forma integral, a lo que se suma una industria con instalaciones obsoletas cuya capacidad no logra cubrir la demanda interna, lo que se traduce en un sector deficitario para el país. A raíz de estos inconvenientes se evidencia la necesidad de llevar a cabo inversiones con el objetivo de aumentar la capacidad instalada y mejorar la calidad de la infraestructura, teniendo como fin la integración global de todos los eslabones que la componen. En consecuencia, se requiere un estudio completo de los actores intervinientes de forma de garantizar el diseño óptimo de la cadena de suministro y de esta manera asegurar su eficiencia.

Carlsson estudia la gestión y optimización de la cadena de suministro forestal, tomando el caso de una de las empresas suecas más grandes, que involucra todas las etapas del flujo de la madera. Propone la introducción de nuevas tecnologías, la distribución mediante terminales y modelos integrados de optimización. Concluye que los costos logísticos contribuyen en gran proporción en los costos totales de la empresa estudiada [1]. Es importante entonces ser eficientes en la planificación integrada. Mesfun investiga la posibilidad de combinar diferentes industrias forestales (cadena de suministro de pulpa y papel, y de pellets de madera) en un sitio industrial integrado, donde comparten una fuente común de calor y electricidad. Se utilizan técnicas de optimización para estudiar el sitio desde el punto de vista material y energético. Se evalúan diferentes escenarios y se comparan las correspondientes configuraciones no integradas con estos escenarios para cuantificar los beneficios potenciales de la integración. Además, se calcula la oportunidad de inversión para los escenarios considerados como un indicador de la conveniencia económica [2].

Waldemarsson desarrolla un modelo MILP para la cadena de suministro integrada de papel con el objetivo de investigar cómo impacta la planificación energética sobre la rentabilidad. Es un estudio de caso donde se consideran decisiones tales como la compra y transporte de materias primas a fábricas de celulosa, la distribución de productos de las fábricas al cliente, y la elección y combinación de energía. Como resultado se destaca el impacto de las cuestiones energéticas en el modelo de la cadena de suministro [3].

En este trabajo se propone por lo tanto formular un modelo matemático que permita proponer un diseño óptimo de la cadena de suministro del papel en un horizonte de tiempo dado a fin de minimizar los costos totales actuales: costos variables de procesamiento de los diversos productos, costos fijos de inversión, costos fijos de producción y costos de transporte. El modelo es formulado como un programa matemático MILP, para determinar los flujos de materias primas (de distintas especies de maderas, pulpas vírgenes y papeles reciclados), la localización de diversos nodos, y los procesos que en ellos se ejecutan. A su vez, se debe cumplir con las características de pulpas y papeles que se especifiquen a fin de asegurar la satisfacción de la demanda de cada una de las clases de papeles considerados. Se propone un enfoque multiperíodo que permite desagregar en el tiempo, las decisiones relativas a montos de inversión necesarios para la instalación de las diversas plantas y tipos de procesos, aspecto que permite considerar que las decisiones tomadas en un período determinado influyen en aquellas tomadas durante períodos de tiempo futuros.

El modelo es aplicado a un caso de estudio que se implementa en el sistema GAMS a los fines de lograr su validación.

2. METODOLOGÍA

2.1 Definición de la CSP estudiada

Los diversos tipos de eslabones que componen la CSP se presentan en la Figura 1, donde también se pueden observar los flujos de materiales entre ellos. Dentro de los nodos considerados se incluyen: plantaciones, plantas de pulpa celulósica, fábricas de papel, plantas integradas (sitios productivos en los cuales se elabora pulpa y papel), mercados de consumo y centros de recolección de papeles reciclados.

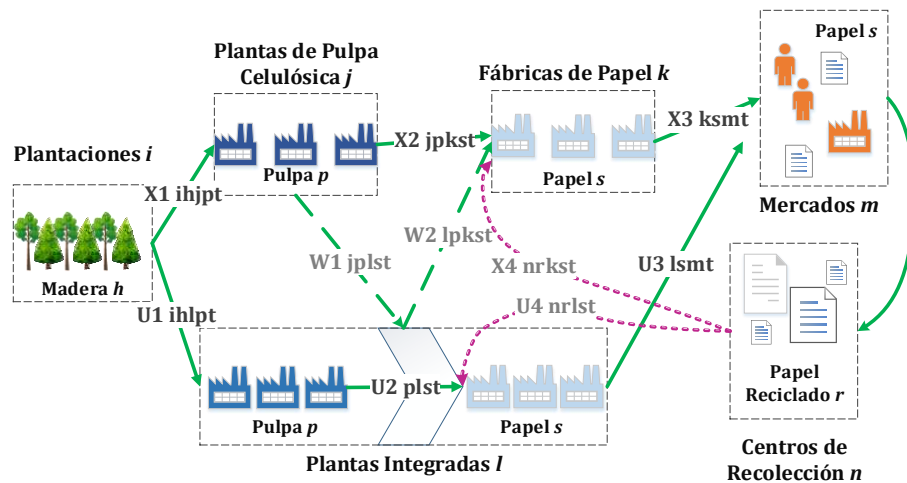


Figura 1.- Esquema de la cadena de suministro propuesta.

A continuación se detalla cada tipo de nodo considerado:

-Plantaciones: estos nodos corresponden a superficies de bosques implantados, los cuales poseen un área máxima de cultivo y un rendimiento que varía en función de la especie que en ellas se cultive.

-Plantas de pulpa: a estos sitios productivos llega la madera de distintas especies en forma de rollizos, los cuales deben someterse a diversos procesos de transformación para obtener pulpas vírgenes de celulosa. Las mismas son deshidratadas y prensadas en fardos para su comercialización. Estas plantas tienen un rendimiento distinto en función del proceso y la especie de madera que se ingrese. Como resultado de esta etapa se obtienen pastas de madera con diversas características de calidad y costos, las cuales son la materia prima para la elaboración de papel.

-Fábricas de Papel: se requiere la hidratación de fardos de celulosa adquiridos de otras plantas para comenzar la producción de papel. En la elaboración de los diversos papeles pueden realizarse mezclas de distintos tipos de pulpa a fin de alcanzar las especificaciones de mercado.

A su vez, a estos nodos productivos puede llegar papel en fardos, que debe someterse a los procesos de transformación requeridos para la obtención de pulpas recicladas de papel que, al igual que las vírgenes, pueden usarse en la composición de los productos finales.

-Fábricas integradas: en este caso se nuclea en una misma ubicación geográfica el proceso de transformación de madera a pulpa virgen, y/o de papel a pulpa reciclada, y la producción de papel a partir de estas pulpas obtenidas. En este caso, la pulpa que se utiliza para la elaboración de papel en la misma planta no se somete a los procesos de secado y prensado, ya que se trata de un proceso continuo. Se cuenta con la posibilidad de que parte de la pulpa obtenida se comercialice a otras plantas de producción de papel, previo deshidratación y pensado. A su vez, estas fábricas integradas cuentan con la posibilidad de adquirir pulpas de otras plantas, hidratarlas e incorporarlas al proceso de papel.

- **Mercados:** estos nodos corresponden a los diversos sitios geográficos a los cuales llegan los diferentes tipos de papeles para satisfacer las demandas de los consumidores finales y de las fábricas que los utilizan como insumo de sus productos.

- **Centros de recolección:** concentran los residuos de papel y cartón que generan las ciudades y nodos productivos. Son los encargados de enviar los fardos de papel reciclado a los centros de producción de papel para la reincorporación de los mismos al proceso. Los papeles pueden ser reincorporados en promedio 5 veces, luego de ese tiempo las fibras comienzan a debilitarse y se pierden las características de calidad de los productos finales.

2.2 Formulación del modelo matemático propuesto

Para la formulación del modelo se utilizan los siguientes conjuntos: I sitios de materias primas (plantaciones), J Plantas de Pulpa Celulósica, K Fábricas de Papel, L Plantas Integradas, M mercados de Consumo, N centros de recolección, H especies de madera, P tipos de pulpa, S tipos de papeles, R tipos de papeles reciclados, y T periodos de tiempo.

Se utilizan las mismas letras en minúsculas para indicar los elementos correspondientes a dichos conjuntos. En el siguiente apartado se presenta el modelo matemático propuesto para obtener el diseño óptimo de la cadena de suministro del papel.

2.2.1 Variables

A fin de representar los flujos de materiales entre los diversos nodos de la CSP en [tn/año], se definen las siguientes variables continuas positivas: QMP_{iht} representa la cantidad de madera de la

especie h obtenida en la plantación i en el período t; $x1_{ihjpt}$ la cantidad de madera de la especie h enviada desde i a la planta de pulpa j para producir la pulpa p en el período t; $u1_{ihlpst}$ la cantidad de madera de la especie h enviada desde la plantación i a la planta integrada de papel l para producir la pulpa p que se empleará en el papel s en el período t; $x2_{jpkst}$ la cantidad de pulpa p enviada desde la planta j a la fábrica de papel k para producir el papel s en el período t; $u2_{plst}$ la cantidad de pulpa virgen p ingresada al proceso de papel s en la planta integrada l en el período t; $w1_{jplst}$ la cantidad de pulpa p enviada desde la planta j a la planta integrada de papel l para producir el tipo de papel s en el período t; $w2_{lpkst}$ la cantidad de pulpa p enviada desde la planta integrada l a la planta de papel k para producir el papel s en el período t; $x3_{ksmt}$ la cantidad de papel s enviada desde la planta k al mercado m en el período t; $u3_{lsmt}$ la cantidad de papel s enviada desde la planta integrada l al mercado m en el período t; $x4_{rnkst}$ la cantidad de papel reciclado r enviada desde el centro de recolección n a la planta de papel k para producir el papel s en el período t; y $u4_{rnlst}$ la cantidad de papel reciclado r que se envía a la planta integrada l desde el centro de recolección n para producir el papel s en el período t.

Se utilizan variables binarias del tipo 0-1 para las decisiones discretas de instalación o no de un eslabón para fabricar un determinado producto en un período de tiempo definido t: $y1_{iht}$ determina la inversión en la plantación i para obtener la madera de especie h; $y2_{jpt}$ la instalación del proceso de pulpa p en la planta de pulpa j; $y3_{kst}$ la instalación de la planta de papel k para elaborar el producto s; $y4_{lpt}$ la instalación de la planta integrada l con el proceso de pulpa p; $y5_{lst}$ la instalación de la planta integrada l para fabricar el papel s; $y6_{lpst}$ la instalación de la planta integrada l para producir la pulpa p y el papel s; $y7_{nrt}$ la instalación del centro de recolección n para el papel reciclado r. A su vez, también se plantean variables binarias (0-1) que definen la operación de un nodo productivo y se emplean para activar los costos fijos de producción (CF) para cada periodo de tiempo t: $z1_{iht}$ explotación de la plantación i para obtener la madera de la especie h; $z2_{jpt}$ operación del proceso de pulpa p en la planta de pulpa j; $z3_{kst}$ uso de la planta de papel k para producir el producto s; $z6_{lpst}$ implica la utilización de la planta integrada l para producir la pulpa p y el papel s; $z7_{nrt}$ indica la operación del centro de recolección n de papel reciclado r.

2.2.2. Restricciones

La Ecuación (1) representa el balance de masa de las plantaciones i, indicando que la cantidad de madera h obtenida en una plantación i en el tiempo t, es equivalente a la cantidad enviada de esa madera a todas las plantas j y a todas las plantas integradas l en el mismo período de tiempo t.

$$QMP_{iht} = \sum_{j,p} x1_{ihjpt} + \sum_{l,p,s} u1_{ihlpst} , \quad \forall i, \forall h, \forall t \quad (1)$$

En la Ecuación (2) se presenta el balance de masa del proceso de pulpa p en la planta j, el cual implica que la totalidad de la madera de las diferentes especies h recibida de todas las plantaciones i para un periodo de tiempo dado t, multiplicada por el rendimiento del proceso de pulpa p para la madera de especie h ($\eta_{Pulpa_{hp}}$), es igual a la totalidad de la pulpa p enviada a las plantas de papel k para producir los productos s más la totalidad de pulpa p enviada a todas las plantas integradas l para elaborar los productos s en un determinado período de tiempo t.

$$\sum_{i,h} x1_{ihjpt} \cdot \eta_{Pulpa_{hp}} = \sum_{k,s} x2_{jpkst} + \sum_{l,s} w1_{jplst} , \quad \forall j, \forall p, \forall t \quad (2)$$

En las Ecuaciones (3) y (4) se presentan las restricciones para la proporción de cada pulpa p en cada papel s producido en una planta k, considerando las cotas superior e inferior (δ_{ps}^{up} , δ_{ps}^{lo}).

$$(\sum_j x2_{jpkst} + \sum_l w2_{lpkst}) \cdot \eta_{Papel_{ps}} \leq \delta_{ps}^{up} \cdot \sum_m x3_{ksmt} , \quad \forall k, \forall s, \forall p, \forall t \quad (3)$$

$$(\sum_j x2_{jpkst} + \sum_l w2_{lpkst}) \cdot \eta_{Papel_{ps}} \geq \delta_{ps}^{lo} \cdot \sum_m x3_{ksmt} , \quad \forall k, \forall s, \forall p, \forall t \quad (4)$$

Por su parte, las Ecuaciones (5) y (6) establecen las restricciones para la cantidad de pulpa reciclada a emplear en la producción del papel s en la planta k. Expresan que el total de papel reciclado r que llega a las plantas de papel k, afectado por el rendimiento del proceso de transformación de papel reciclado r en pulpa (η_{Rec_r}) y el rendimiento de la producción de papel s a partir de la pulpa reciclada obtenida ($\eta_{Papel_{rs}}$), debe ser menor o igual en la Ecuación (5), y mayor o igual en la (6), a la cantidad total de papel s enviado desde las plantas de papel k hacia los mercados m afectados por las cotas superior e inferior (δ_{rs}^{up} , δ_{rs}^{lo}), respectivamente, establecidas para la cantidad admitida de pulpa reciclada en el papel s.

$$(\sum_n x4_{rnkst} \cdot \eta_{Rec_r}) \cdot \eta_{Papel_{rs}} \leq \delta_{rs}^{up} \cdot \sum_m x3_{ksmt} , \quad \forall k, \forall s, \forall r, \forall t \quad (5)$$

$$(\sum_n x4_{rnkst} \cdot \eta Rec_r) \cdot \eta Paper_{rs} \geq \delta Rec_{rs}^{lo} \cdot \sum_m x3_{ksmt} , \quad \forall k, \forall s, \forall r, \forall t \quad (6)$$

En la Ecuación (7) se presenta el balance de masa para la producción de papel s en la planta k en cada período t. Indica que la sumatoria de todas las pulpas p recibidas de las plantas de pulpa j y de las plantas integradas l en cada periodo de tiempo t, afectada por el correspondiente rendimiento del proceso ($\eta Paper_{ps}$) más la totalidad de papel reciclado r que llega a las plantas k por los rendimientos del proceso en cada tiempo t, es equivalente a la totalidad del papel del tipo s enviado a todos los mercados m para ese período de tiempo t.

$$\sum_p [(\sum_j x2_{jpkst} + \sum_l w2_{lpkst}) \cdot \eta Paper_{ps}] + \sum_{r,n} x4_{rnkst} \cdot \eta Rec_r \cdot \eta Paper_{rs} = \sum_m x3_{ksmt} , \quad \forall k, \forall s, \forall t \quad (7)$$

En la Ecuación (8) se calcula la cantidad de cada pulpa que ingresa al proceso de producción de papel del tipo s en la planta integrada l en el período t. Dicho valor está dado por la suma de la cantidad de pulpa producida en la planta integrada l y la cantidad de pulpas de diversos tipos recibida de la totalidad de las plantas j, descontando la cantidad de pulpa vendida a todas las plantas de papel k para cada período de tiempo t.

$$\sum_{i,h} u1_{ihlpst} \cdot \eta Int1_{hp} + \sum_j w1_{jpst} - \sum_k w2_{kpst} = u2_{plst} , \quad \forall l, \forall s, \forall p, \forall t \quad (8)$$

Las ecuaciones (9) a (12) son análogas a Ecuaciones (3) a (6) con la salvedad que se aplican a las plantas integradas l.

$$u2_{plst} \cdot \eta Int2_{ps} \leq \delta_{ps}^{up} \cdot \sum_m u3_{lsmt} , \quad \forall l, \forall s, \forall p, \forall t \quad (9)$$

$$u2_{plst} \cdot \eta Int2_{ps} \geq \delta_{ps}^{lo} \cdot \sum_m u3_{lsmt} , \quad \forall l, \forall s, \forall p, \forall t \quad (10)$$

$$(\sum_n u4_{rnlst} \cdot \eta Rec_r) \cdot \eta Int3_{rs} \leq \delta Rec_{rs}^{up} \cdot \sum_m u3_{lsmt} , \quad \forall l, \forall s, \forall r, \forall t \quad (11)$$

$$(\sum_n u4_{rnlst} \cdot \eta Rec_r) \cdot \eta Int3_{rs} \geq \delta Rec_{rs}^{lo} \cdot \sum_m u3_{lsmt} , \quad \forall l, \forall s, \forall r, \forall t \quad (12)$$

La Ecuación (13) establece el balance de masa general para la planta integrada l. El mismo determina que la sumatoria de todas las pulpas p que ingresan al proceso de papel en una planta integrada l en cada periodo de tiempo t, multiplicada por el rendimiento del proceso, más la totalidad de papeles reciclados r por los rendimientos del proceso, debe ser igual a la totalidad de los papeles s que se envían desde la planta integrada l a los mercados m, para cada periodo de tiempo definido.

$$\sum_p u2_{plst} \cdot \eta Int2_{ps} + \sum_{r,n} u4_{rnlst} \cdot \eta Rec_r \cdot \eta Int3_{rs} = \sum_m u3_{lsmt} , \quad \forall l, \forall s, \forall t \quad (13)$$

Las Ecuaciones (14) a (19) impiden superar las capacidades de procesamiento en los diversos nodos para los distintos períodos de tiempo t. A modo de ejemplo, la ecuación (15) implica que la capacidad de procesamiento de madera h de la planta de pulpa j para producir la pulpa p en el período t no podrá ser superada por la cantidad de madera h que proviene de las diversas plantaciones i en ese período de tiempo t.

$$VCapPlant_{iht} \geq QMP_{iht} \quad \forall i, \forall h, \forall t \quad (14)$$

$$VCapPulp_{jpst} \geq \sum_{i,h} x1_{ihjpt} , \quad \forall j, \forall p, \forall t \quad (15)$$

$$VCapPaper_{kst} \geq [(\sum_{j,p} x2_{jpkst} + \sum_{l,p} w2_{lpkst}) + (\sum_{n,r} x4_{rnkst} \cdot \eta Rec_r)] , \quad \forall k, \forall s, \forall t \quad (16)$$

$$VCapInt1_{lpt} \geq \sum_{i,h,s} u1_{ihlpst} , \quad \forall l, \forall p, \forall t \quad (17)$$

$$VCapInt2_{lst} \geq \sum_p u2_{plst} + (\sum_{n,r} u4_{rnlst} \cdot \eta Rec_r) , \quad \forall l, \forall s, \forall t \quad (18)$$

$$VCapRec_{nrt} \geq \sum_{k,s} x4_{rnkst} + \sum_{l,s} u4_{rnlst} \quad \forall r, \forall n, \forall t \quad (19)$$

La Ecuación (20) establece la relación entre los diversos tipos de papeles s que llegan a los mercados m y la proporción de los mismos que se reincorpora al proceso productivo, es decir, las cantidades enviadas desde los centros de recolección n a las plantas integradas l y las plantas de producción de papel k. Se asume que solo un porcentaje podrá ser recuperado para reciclarse del total consumido, lo cual está dado por el parámetro β_m .

$$\beta_m (\sum_{k,s} x3_{ksmt} + \sum_{l,s} u3_{lsmt}) \geq \sum_{k,s,r} x4_{rnkst} + \sum_{l,s,r} u4_{rnlst} \quad \forall (m, n) \in Rel_{mn}, \quad \forall t \quad (20)$$

El conjunto de Ecuaciones (21) a (30) aseguran que en caso de instalarse un nodo (variable binaria asociada igual a 1), el mismo mantendrá la capacidad en los períodos sucesivos. Se realiza un distinción en la formulación matemática del período t=1 y los t posteriores ya que el tiempo t=1 es el primero en el horizonte de planeación y no es posible realizar inversiones en ningún tiempo previo. Para el caso de los t sucesivos a 1, se considera en la formulación la capacidad que podrían tener los nodos en caso de instalarse la planta en cualquiera de los períodos previos. Se destaca que

$VCapPlant_{iht}$, $VCapPulp_{jpt}$, $VCapPapel_{kst}$, $VCapInt1_{lpt}$, $VCapInt2_{lst}$, $VCapRec_{nrt}$ son variables que determinan el valor que toma cada uno de los nodos en el período de tiempo correspondiente.

$$VCapPlant_{iht} = CPlant_{ih} \cdot y1_{iht} \quad \forall i, \forall h, t = 1 \quad (21)$$

$$VCapPlant_{iht} = VCapPlant_{iht-1} + CPlant_{ih} \cdot y1_{iht} \quad \forall i, \forall h, \forall t \geq 2 \quad (22)$$

$$VCapPulp_{jpt} = CPulpa_{hjp} \cdot y2_{jpt} \quad \forall i, \forall h, t = 1 \quad (23)$$

$$VCapPulp_{jpt} = VCapPulpa_{hjt-1} + CPulpa_{hjp} \cdot y2_{jpt} \quad \forall i, \forall h, \forall t \geq 2 \quad (24)$$

$$VCapPapel_{kst} = CPapel_{ks} \cdot y3_{kst} \quad \forall k, \forall s, t = 1 \quad (25)$$

$$VCapPapel_{kst} = VCapPapel_{kst-1} + CPapel_{ks} \cdot y3_{kst} \quad \forall k, \forall s, \forall t \geq 2 \quad (26)$$

$$VCapInt1_{lpt} = CInt1_{lp} \cdot y4_{lpt} \quad \forall l, \forall p, t = 1 \quad (27)$$

$$VCapInt1_{lpt} = VCapInt1_{lpt-1} + CInt1_{lp} \cdot y4_{lpt} \quad \forall l, \forall p, \forall t \geq 2 \quad (28)$$

$$VCapInt2_{lst} = CInt2_{ls} \cdot y5_{lst} \quad \forall l, \forall s, t = 1 \quad (29)$$

$$VCapInt2_{lst} = VCapInt2_{lst-1} + CInt2_{ls} \cdot y5_{lst} \quad \forall l, \forall s, \forall t \geq 2 \quad (30)$$

$$VCapRec_{nrt} = CRec_{rn} \cdot y7_{nrt} \quad \forall n, \forall r, t = 1 \quad (31)$$

$$VCapRec_{nrt} = VCapRec_{nrt-1} + CRec_{rn} \cdot y7_{nrt} \quad \forall n, \forall r, \forall t \geq 2 \quad (32)$$

La Ecuación (33) expresa que en caso de instalarse una plantación i de madera h en el periodo t , la misma no podrá volver a instalarse en los periodos sucesivos en el mismo sitio geográfico. Es decir, que la variable binaria solo podrá tomar el valor 1 en alguno de los periodos t definidos en el conjunto T . La inversión solo puede realizarse una vez.

$$\sum_{t,h} y1_{iht} \leq 1 \quad \forall i, \quad (33)$$

Las Ecuaciones (34) a (38) restringen la obtención de un solo tipo de producto en cada planta y simultáneamente expresan que las inversiones en los diversos nodos sólo pueden realizarse en uno de los periodos t . Cabe aclarar, que en caso de realizar la inversión, ésta solo se realizará en un t dado, por lo cual se asume que las capacidades son invariables a lo largo de todo el horizonte de planificación una vez realizada la inversión. Por ejemplo la Ecuación (34) expresa que en caso de instalarse una planta de pulpa j para producir la pulpa p , sólo se afrontará el costo de inversión en uno de los t periodos definidos y a su vez indica que en la planta de pulpa j puede elaborarse un único tipo de pulpa p para todo el horizonte de planeación.

$$\sum_{p,t} y2_{jpt} \leq 1 \quad \forall j \quad (34)$$

$$\sum_{s,t} y3_{kst} \leq 1 \quad \forall k \quad (35)$$

$$\sum_{p,t} y4_{lpt} \leq 1 \quad \forall l \quad (36)$$

$$\sum_{s,t} y5_{lst} \leq 1 \quad \forall l \quad (37)$$

$$\sum_{r,t} y7_{nrt} \leq 1 \quad \forall n \quad (38)$$

La Ecuación (39) indica que, si se instala la planta integrada l para elaborar un cierto tipo de pulpa, en dicha planta también debe producirse algún tipo de papel s para un periodo t dado.

$$\sum_p y4_{lpt} = \sum_s y5_{lst} \quad \forall l, \forall t \quad (39)$$

Las Ecuaciones (40) a (42) indican que se instala la planta integrada l para producir la pulpa p y el papel s , cuando se decide invertir en el proceso de pulpa p en la planta l y en la producción de papel s en la planta l .

$$y6_{lpst} \geq y4_{lpt} + y5_{lst} - 1, \quad \forall l, \forall p, \forall s, \forall t \quad (40)$$

$$y6_{lpst} \leq y4_{lpt}, \quad \forall l, \forall p, \forall s, \forall t \quad (41)$$

$$y6_{lpst} \leq y5_{lst}, \quad \forall l, \forall p, \forall s, \forall t \quad (42)$$

El conjunto de restricciones (43) a (47) vinculan las variables binarias que en caso de tomar el valor uno, y determinan la instalación de un nodo; con las variables binarias que actúan como activadores de costos fijos de operación. Por ejemplo la ecuación (44) determina que en caso de instalarse la planta j de pulpa p en el período t' , se considerarán costos fijos de operación para ese periodo y los sucesivos.

$$z1_{iht} \geq y1_{iht'} \quad \forall i, \forall h, \forall t \geq t' \quad (43)$$

$$z2_{jpt} \geq y2_{jpt'} \quad \forall j, \forall p, \forall t \geq t' \quad (44)$$

$$z3_{kst} \geq y3_{kst'} \quad \forall k, \forall s, \forall t \geq t' \quad (45)$$

$$z6_{lpst} \geq y6_{lpst'} \quad \forall l, \forall s, \forall t \geq t' \quad (46)$$

$$z7_{rnt} \geq y7_{rnt}, \quad \forall r, \forall n, \forall t \geq t' \quad (47)$$

La Ecuación (48) asegura la satisfacción de la demanda de todos los tipos de papeles en los diversos mercados para los distintos periodos t , teniendo en cuenta que los mismos pueden ser obtenidos de las plantas de papel k o de las plantas integradas l .

$$\sum_k x3_{ksmt} + \sum_l u3_{lsmt} \geq QD_{smt}, \quad \forall s, \forall m, \forall t \quad (48)$$

2.4. Función Objetivo

En este trabajo el fin que se persigue es la minimización de costos totales actuales CT, los cuales se componen de costos de inversión, CI, costos variables de operación, CVar, costos fijos de producción, CF, y costos de transporte, CTransp. La función objetivo se presenta en la Ecuación (49).

$$\text{Min CT} = \text{CI} + \text{CVar} + \text{CF} + \text{CTransp}, \quad (49)$$

La Ecuación (50) representa los costos de inversión necesarios para la instalación de los diversos nodos en periodos de tiempo t . Estos costos están asociados a la estructura de cada nodo productivo y la capacidad del mismo. Los parámetros se multiplican por las correspondientes variables binarias referidas a la decisión de instalar o no un cierto nodo. $CIPlant_{iht}$ corresponde a los costos de inversión requeridos para la instalación de una plantación i de madera h en un determinado tiempo t , manteniendo el criterio mencionado para los siguientes parámetros: $CIPulpa_{jpt}$, $CIPapel_{kst}$, $CIInt_{lps}$, $CIRec_{nr}$.

$$\text{CI} = \sum_{i,h,t} \frac{(CIPlant_{iht} \cdot y1_{iht})}{(1+i)^t} + \sum_{j,p,t} \frac{(CIPulpa_{jpt} \cdot y2_{jpt})}{(1+i)^t} + \sum_{k,s,t} \frac{(CIPapel_{kst} \cdot y3_{kst})}{(1+i)^t} + \sum_{l,p,s,t} \frac{(CIInt_{lps} \cdot y6_{lpst})}{(1+i)^t} + \sum_{r,n,t} \frac{(CIRec_{nr} \cdot y7_{nrt})}{(1+i)^t} \quad (50)$$

La Ecuación (51) representa los costos variables de procesamiento de los diversos productos en los nodos productivos. Los parámetros: $cvPlant_{iht}$, $cvPulpa_{hjpt}$, $cvPapel_{pkst}$, $cvInt1_{hlpt}$, $cvInt2_{plst}$ y $cvAdRec_r$ se expresan en [\$/ unidad de materia prima que ingresa al proceso].

$$\text{CVar} = \sum_{i,h,t} \frac{(cvPlant_{iht} \cdot QMP_{iht})}{(1+i)^t} + \sum_{h,j,p,t} \frac{(cvPulpa_{hjpt} \cdot \sum_i x1_{ihjpt})}{(1+i)^t} + \sum_{p,k,s,t} \frac{(cvPapel_{pkst} \cdot (\sum_j x2_{jpkst} + \sum_l w2_{lpkst}))}{(1+i)^t} + \sum_{h,l,p,s,t} \frac{(cvInt1_{hlpt} \cdot \sum_i u1_{ihlpst})}{(1+i)^t} + \sum_{p,l,s,t} \frac{(cvInt2_{plst} \cdot u2_{plst})}{(1+i)^t} + \sum_{rt} \frac{(cvAdRec_r \cdot (\sum_{n,k,s} x4_{rnkst} + \sum_{n,l,s} u4_{rnlst}))}{(1+i)^t} \quad (51)$$

La Ecuación (52) representa los costos fijos de operación correspondientes a cada nodo. Para el cálculo se multiplican los correspondientes parámetros de costos por la variable binaria que toma el valor 1 en caso de existir CF en el período. Por ejemplo: $CFPlant_{iht}$ representa los costos fijos que existen en la plantación i , producto de cultivar la madera h en el período t . El mismo razonamiento se toma para determinar los demás parámetros: $CFPulpa_{jpt}$, $CFPapel_{kst}$, $CFInt_{lps}$, $CFRec_{nr}$.

$$\text{CF} = \sum_{i,h,t} \frac{(CFPlant_{iht} \cdot z1_{iht})}{(1+i)^t} + \sum_{j,p,t} \frac{(CFPulpa_{jpt} \cdot z2_{jpt})}{(1+i)^t} + \sum_{k,s,t} \frac{(CFPapel_{kst} \cdot z3_{kst})}{(1+i)^t} + \sum_{l,p,s,t} \frac{(CFInt_{lps} \cdot z6_{lpst})}{(1+i)^t} + \sum_{r,n,t} \frac{(CFRec_{nr} \cdot z7_{nrt})}{(1+i)^t} \quad (52)$$

La Ecuación (53) representa los costos de transporte de materiales entre los diferentes eslabones de la CS. Los valores considerados corresponden a los costos de traslado de: madera desde las plantaciones i a las plantas de pulpa j o hasta las plantas integradas l , pastas celulósicas vírgenes desde las fábricas de pulpa j hacia las plantas de papel k o a las integradas l , y desde las fábricas integradas l a las plantas de papel k , papel s desde las plantas k a los mercados m , papel s desde las fábricas integradas l a los mercados m , y papel reciclado desde los centros de recolección n hacia las plantas de papel k o las plantas integradas l . Se utilizan los costos de transporte por tonelada $ctr1_{ij}$, $ctr2_{il}$, $ctr3_{jk}$, $ctr4_{jl}$, $ctr5_{lk}$, $ctr6_{skm}$, $ctr7_{slm}$, $ctr8_{nk}$ y $ctr9_{nl}$ entre los nodos mencionados. Los diversos tipos de papel s poseen diferentes costos por tonelada pero no se realizan distinciones para diferentes especies de madera, tipos de pulpas o papeles reciclados.

$$\text{CTransp} = \sum_{i,j,t} \frac{(ctr1_{ij} \cdot \sum_{h,p} x1_{ihjpt})}{(1+i)^t} + \sum_{i,l,t} \frac{(ctr2_{il} \cdot \sum_{h,p,s} u1_{ihlpst})}{(1+i)^t} + \sum_{j,k,t} \frac{(ctr3_{jk} \cdot \sum_{p,s} x2_{jpkst})}{(1+i)^t} + \sum_{j,l,t} \frac{(ctr4_{jl} \cdot \sum_{p,s} w1_{jlpst})}{(1+i)^t} +$$

$$\sum_{l,k,t} \frac{(ctr5_{lkt} \cdot \sum_{p,s} w2_{lpkst})}{(1+i)^t} + \sum_{s,k,m,t} \frac{(ctr6_{skmt} \cdot x3_{ksmt})}{(1+i)^t} + \sum_{s,l,m,t} \frac{(ctr7_{lsmt} \cdot u2_{lsmt})}{(1+i)^t} + \sum_{n,k,t} \frac{(ctr8_{nkt} \cdot \sum_{r,s} x4_{rnkst})}{(1+i)^t} + \sum_{n,l,t} \frac{(ctr9_{nl} \cdot \sum_{r,s,t} u4_{rnlst})}{(1+i)^t} \quad (53)$$

Los valores obtenidos en las Ecuaciones (51) a (53) se expresan en valor actualizado. Finalmente, el modelo MILP propuesto queda conformado por las ecuaciones (1) a (53).

3. CASO DE ESTUDIO

A continuación se plantea un caso de estudio a fin de evaluar la solución obtenida por el modelo matemático, es decir, la estructura de la CS generada así como los flujos que se proponen. El mismo consiste en los siguientes nodos potenciales: 4 plantaciones, 2 plantas de pulpa, 3 fábricas de papel, 3 industrias integradas, 5 mercados de consumo y 5 centros de recolección de residuos. Se plantea la posibilidad de utilizar 2 especies de madera, 2 procesos de producción de pulpas vírgenes y 4 tipos de papeles finales.

Se determina localizar las plantaciones potenciales en las provincias que representan los principales volúmenes de bosques implantados del país: Misiones, Corrientes, Entre Ríos y Buenos Aires. Dado que las especies cultivadas en mayor proporción en dichas provincias son pino y eucaliptus se opta por utilizar las mismas como tipos de madera posibles a procesar.

Para la obtención de la pasta celulósica se considera el pulpado mecánico y el proceso químico kraft. Respecto a los productos a utilizar, teniendo en cuenta los volúmenes de producción de papel en Argentina, se pueden establecer como tipos de papeles más representativos los siguientes: papel de impresión, papel tissue, papel prensa y papel de embalaje [4]. Para cada uno, se definen las cotas superiores e inferiores de las proporciones admitidas de pulpas vírgenes mecánica y kraft y de pulpas recicladas.

Los mercados se fijaron en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, Mendoza y San Luis, dado que las mismas concentran la mayor cantidad de población y de industrias, y por lo tanto, se proyecta que en ellas se dará el mayor consumo de papel del país.

Por último, se fijan los centros de recolección de papel en los mismos sitios geográficos que los mercados, debido a que de éstos provienen mayormente los residuos de papel. Desde estos nodos los papeles reciclados son enviados a plantas de papel o integradas para la reincorporación al ciclo productivo de papel como pulpas recicladas.

3.1. Datos

En la Tabla 1 se pueden identificar las demandas por tipo de papel en los distintos mercados para los diversos períodos de tiempo (QD_{smt}). El cálculo de la proyección de la demanda de papeles de impresión, prensa y tissue se ha realizado a partir de la proyección de la población y el consumo per cápita de papel ya que se asume que los mismos son demandados por consumidores finales [5]. En el caso del papel de embalaje, para definir su demanda en cada mercado se toma el porcentaje del PBI nacional por provincia, considerando que es demandado por las industrias que utilizan estos papeles para el packaging de sus productos [6].

Tabla 1.- Demanda proyectada para los diversos mercados, tipo de papel y períodos de tiempo [toneladas/año]

Demandas de Papeles (QD_{smt})						
Mercados de consumo (m)	Tipos de papeles (s)	Períodos de tiempo (t)				
		t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
Buenos Aires	Impresión	388.957,31	403.576,56	418.418,40	433.482,84	448.769,87
	Prensa	139.589,61	144.836,19	150.162,66	155.569,00	161.055,24
	Tissue	242.970,37	252.102,59	261.373,86	270.784,18	280.333,55
	Embalaje	469.651,21	487.303,40	505.224,36	523.414,10	541.872,61
Rosario	Impresión	67.136,94	69.660,33	72.222,14	74.822,38	77.461,03
	Prensa	24.094,21	24.999,81	25.919,20	26.852,37	27.799,34
	Tissue	41.938,50	43.514,79	45.115,08	46.739,37	48.387,67
	Embalaje	77.251,04	80.154,58	83.102,32	86.094,28	89.130,45
Córdoba	Impresión	69.489,67	72.101,49	74.753,08	77.444,44	80.175,56
	Prensa	24.938,56	25.875,90	26.827,50	27.793,38	28.773,53
	Tissue	43.408,19	45.039,72	46.696,09	48.377,30	50.083,35
	Embalaje	68.472,51	71.046,10	73.658,88	76.310,84	79.001,99
Mendoza	Impresión	36.551,40	37.925,21	39.319,94	40.735,59	42.172,15
	Prensa	13.117,62	13.610,66	14.111,20	14.619,25	15.134,81
	Tissue	22.832,60	23.690,78	24.562,03	25.446,34	26.343,72
	Embalaje	34.236,26	35.523,05	36.829,44	38.155,42	39.500,99
San Luis	Impresión	9.074,83	9.415,91	9.762,19	10.113,66	10.470,33
	Prensa	3.256,79	3.379,20	3.503,47	3.629,61	3.757,61
	Tissue	5.668,78	5.881,85	6.098,16	6.317,71	6.540,51
	Embalaje	9.656,38	10.019,32	10.387,79	10.761,79	11.141,31

En la Tabla 2 se presentan los rendimientos considerados para la producción de pulpas en función de la especie de madera h que ingresa al proceso [7]. Para este caso de estudio no se realiza distinción entre los rendimientos de plantas integradas y de pulpa.

Tabla 2.- Rendimientos de los procesos de pulpa ($\eta_{Pulpa_{hp}}$ y $\eta_{Int1_{hp}}$)

Rendimiento		Especie de madera (h)	
		Pino	Eucaliptus
Tipo de pulpa (p)	Mecánica	0,90	0,95
	Kraft	0,48	0,53

En la Tabla 3 se exponen los rendimientos para la elaboración de los distintos tipos de papeles ($\eta_{Papel_{ps}}$ y $\eta_{Int2_{ps}}$). Se expresa en toneladas de mezcla de pulpas ingresadas al proceso para cada producto. También se muestran las recetas consideradas para los distintos tipos de papel, indicando cotas inferiores y superiores admitidas de cada tipo de pulpa [8].

Tabla 3.- Rendimientos y recetas por tipo de papel

Tipo de papel (s)	Rendimiento	Pulpa mecánica		Pulpa Kraft		Papel Reciclado	
		Cota Inf.	Cota Sup.	Cota Inf.	Cota Sup.	Cota Inf.	Cota Sup.
Impresión	0,95	0,3	0,6	0,4	0,7	0	0,15
Prensa	0,98	0,65	0,8	0,1	0,3	0	0,4
Tissue	0,96	0,2	0,4	0,6	0,8	0	0,15
Embalaje	0,96	0,25	0,4	0,55	0,75	0	0,45

Además de los parámetros mencionados, se tienen en cuenta para las plantaciones i la capacidad de obtención por tipo de madera h expresada en toneladas anuales ($C_{Plant_{ih}}$), el costo variable de procesamiento ($cv_{Plant_{iht}}$), el costo fijo de operación ($CF_{Plant_{iht}}$) y el costo de inversión ($CI_{Plant_{iht}}$) asociado a la capacidad de la misma.

Para las plantas j de pulpa p , se determina la capacidad de procesamiento por tn de madera según la especie ($CP_{Pulpa_{hjp}}$), el costos de inversión asociado a la estructura requerida ($CIP_{Pulpa_{jpt}}$), el costos variable de procesamiento ($cv_{Pulpa_{hjpt}}$) y el costo fijo de operación ($CF_{Pulpa_{jpt}}$). En el caso de las plantas de papel k para la elaboración de los distintos papeles s se determina la capacidad de producción en función de las tn de mezclas de pulpas p y papeles reciclados r transformados en pulpas recicladas ingresadas al proceso ($CP_{Papel_{ks}}$), los costos fijos ($CF_{Papel_{kst}}$), variables ($cv_{Papel_{pkst}}$) y de inversión ($CIP_{Papel_{kst}}$). De igual manera se procede a determinar los costos y capacidad de las plantas integradas.

Para el caso de los centros de recolección de papel reciclado, se establece un rendimiento de 0,75 [tn pulpa/ tn papel rec] y un costo de adquisición (cv_{AdRec_r}) de 3500 [\$/tonelada]. Cada centro posee asociados una capacidad ($C_{Rec_{rn}}$), un costo fijo ($CF_{Rec_{nt}}$) y un costo de inversión ($CI_{Rec_{nt}}$).

Por limitaciones de espacio se omiten las tablas de datos utilizados. Las capacidades de todos los nodos se expresan en [tonelada/año] y los costos en [\$/año]. Cabe aclarar que los datos son afectados por una inflación anual del 30%. Se toma una tasa de interés anual de 19% correspondiente al Banco Nación.

En cuanto a los costos de transporte, los mismos oscilan entre 0,8 [\$/tonelada km] y 1,07 [\$/tonelada km] en función del producto transportado. Se distinguen diversos costos para los distintos tipos de producto final s .

3.2. Resultados

El modelo fue implementado en GAMS 24.7.4, un sistema de modelado algebraico para la programación matemática y la resolución de problemas de optimización. Se empleó CPLEX 12.6.3.0 como algoritmo de resolución. El tiempo de ejecución fue de 112,36 seg en PC con procesador intel core i7-5500 con 2,4 GHz y 16 gb de RAM. El modelo involucró 5.080 variables continuas y 730 variables discretas, y 3.317 ecuaciones.

El diseño óptimo de la CS para el caso propuesto, comprende la instalación de 2 plantaciones, 2 plantas de pulpa, 3 de papel, 4 integradas y 3 centros de recolección. El costo total de la CS alcanza \$ $1,92 \times 10^{11}$ y su composición se esquematiza en la Figura 2. Se destaca que los costos fijos operativos alcanzan la suma de \$ $1,10 \times 10^{11}$, seguido de los costos variables \$ $7,34 \times 10^{10}$, los costos de transporte \$ $8,80 \times 10^9$, y por último los costos de inversión \$ $3,81 \times 10^9$.

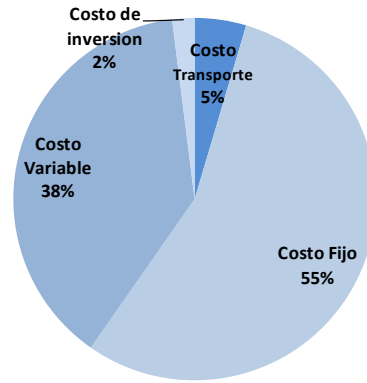


Figura 2.- Composición de costos totales de la CS.

Todas las instalaciones de nodos se realizan en el período 1. Las plantaciones se definen en las localidades de San Antonio (Corrientes) y Concordia (Entre Ríos) y en ambas se opta por la producción de madera de eucaliptus.

Las plantas de pulpas se instalan en Puerto Esperanza (Misiones) para producir pulpa mecánica y Capitán Bermúdez (Santa Fe) con el proceso Kraft. En cuanto a las plantas de papel, éstas se instalan en Holt Ibicuy (Entre Ríos) para papel de impresión, Zárate (Buenos Aires) para papel de embalaje y Ituzaingó (Corrientes) para producción de papel de tissue. Las plantas integradas se instalan en Capitán Bermúdez (Santa Fe) para producción de pulpa mecánica y papel de impresión, Ituzaingó (Corrientes) con proceso mecánico de pulpado y papel prensa, San Pedro (Buenos Aires) con pulpa kraft y papel tissue; Puerto Piray (Misiones) para la producción de pulpa kraft y papel de embalaje.

Se instalan los centros de recolección de Buenos Aires, Rosario y Córdoba.

Por razones de espacio en la Figura 3 se esquematizan sólo los flujos $x1_{ihjp5}$, $x2_{jpk5}$, $u1_{ihlps5}$, $w1_{jpls5}$ y $w2_{lpks5}$ y en la Figura 4 solo los flujos $x3_{ksm5}$, $u3_{lsm5}$, $x4_{rnks5}$ y $u4_{rnls5}$.

El total de producto enviado a cada mercado desde los diversos nodos corresponde exactamente con el valor de demanda que se expuso en la Tabla 1 para los distintos mercados y tipos de papel en el período 5, lo cual se justifica por la función objetivo seleccionada que consiste en la minimización de los costos.

Se destaca que todos los sitios de producción de papel optan por utilizar papel reciclado como materia prima del proceso en todos los periodos t.

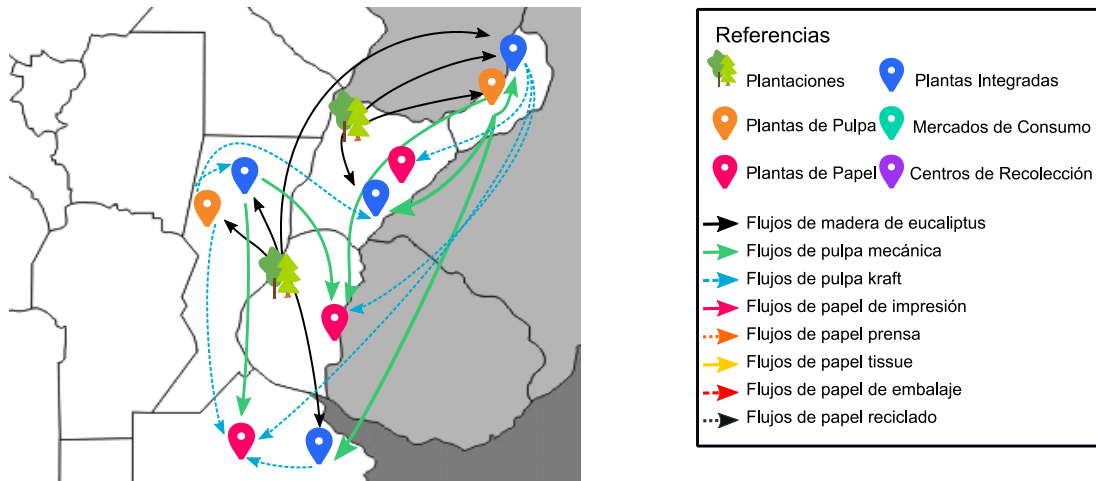


Figura 3.- Flujos de madera y pulpas en el período 5

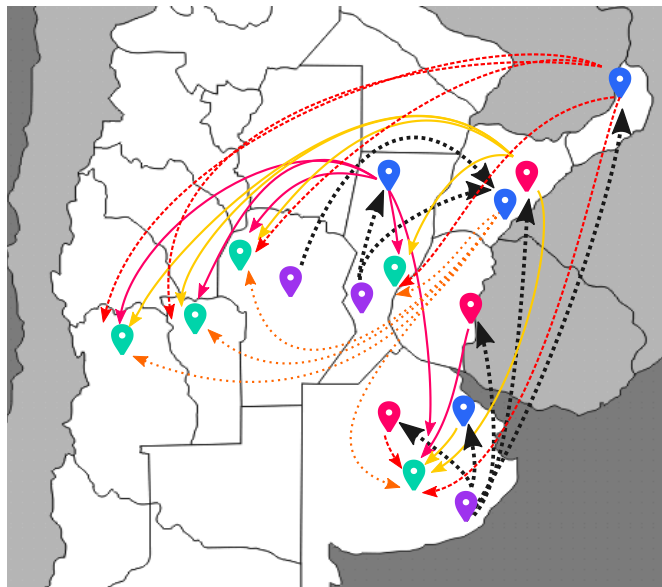


Figura 4.- Flujos de papeles y papel reciclado en el período 5

En el conjunto de Figuras 5 a 10 se presenta la evolución en el uso de la capacidad de los diversos nodos que integran la cadena de suministros para el horizonte de 5 años.

Se destaca que en el caso de las plantas de pulpa localizadas en Misiones y Santa Fe el uso de la capacidad es del 100% para todos los períodos.

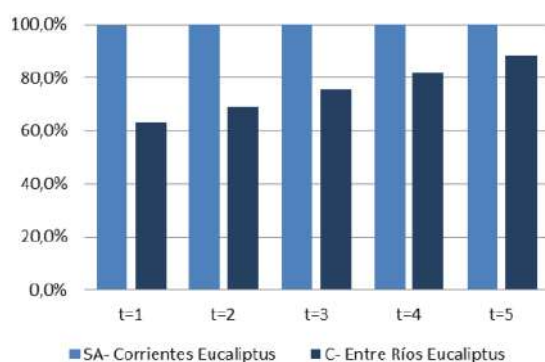


Figura 5.- Uso capacidad plantaciones

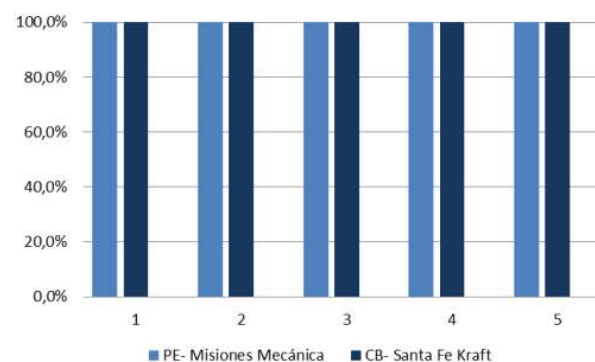


Figura 6.- Uso capacidad plantas de pulpa

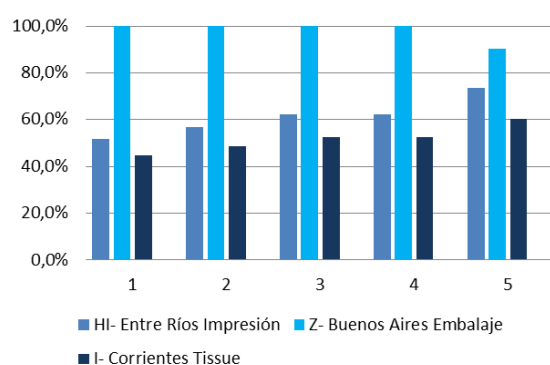


Figura 7.- Uso capacidad plantas de papel

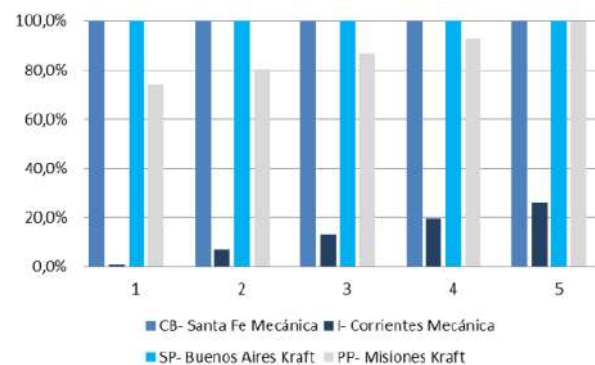


Figura 8.- Uso capacidad plantas integradas (pulpa)

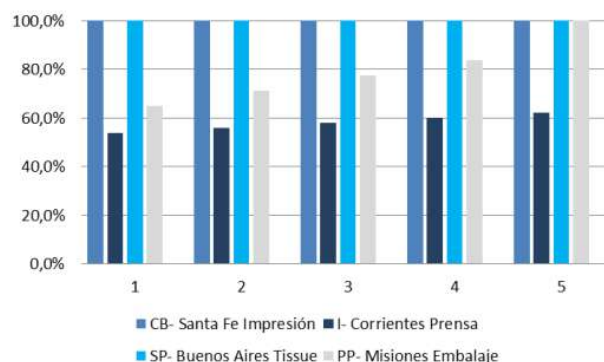


Figura 9.- *Uso capacidad plantas integradas (papel)*

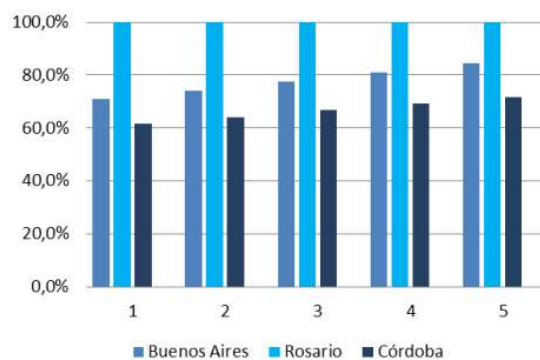


Figura 10.- *Uso capacidad centros de recolección*

4. CONCLUSIONES

Primeramente se destaca que el objetivo planteado ha sido cumplido ya que se llega a obtener un modelo que representa el comportamiento de la CS y determina los costos totales actuales mínimos. De ellos se observa la predominancia de los costos fijos operativos (55%) y variables (38%) respecto de los costos de transporte (5%) y de inversión (2%). Este resultado puede relacionarse a que el monto de la inversión de cada nodo se efectúa por única vez en el horizonte de tiempo estudiado.

En estas instancias de estudio se consideran aceptables los resultados obtenidos pero se evidencia la posibilidad de analizar la sensibilidad del modelo aplicándolo a un mayor número de casos de estudio y de mayor complejidad, en los que se incluyan nuevos nodos potenciales para instalar las plantas así como otros mercados por atender.

Por otro lado, se propone como trabajo futuro incorporar en el modelo de optimización la posibilidad de ampliar la capacidad de las plantas existentes a fin de evitar la instalación de nuevas plantas por falta de capacidad.

5. REFERENCIAS

- [1] Carlsson, Dick; Rönnqvist, Mikael (2005). "Supply chain management in forestry – case studies at Södra Cell AB". 163, 589-616. European Journal of Operational Research.
- [2] Mesfun, Sennai; Toffolo, Andrea (2015). "Integrating the processes of a Kraft pulp and paper mill and its supply chain". 103, 300-310. Energy Conversion and Management.
- [3] Waldemarsson, Martin; Lidestam, Helene; Rudberg, Martin (2013). "Including energy in supply chain planning at a pulp company" 112, 1056-1065. Applied Energy.
- [4] Ministerio de agricultura ganadería y pesca. (2014). Industrias Forestales. Consultado 29/05/2017, en [http://argentinatradenet.gov.ar/sitio/estrategias/Sector pasta de madera, papel y cartón.pdf](http://argentinatradenet.gov.ar/sitio/estrategias/Sector%20pasta%20de%20madera,%20papel%20y%20carton.pdf).
- [5] Depósito de documentos de la FAO. Consultado 06/06/2017, en <http://www.fao.org/docrep/006/j1901s/j1901s08.htm>.
- [6] INDEC. Consultado 24/08/2017, en [http://www.indec.gob.ar/busador.asp?t=PBI%20por%20provincia___ Excel pib_provincial_06_17](http://www.indec.gob.ar/busador.asp?t=PBI%20por%20provincia___Excel%20pib_provincial_06_17).
- [7] Santa Cruz, Hernán (2015). "Celulosa". Director: Ing. Zanoni, Hernán.
- [8] Soporte técnico de los papeles para SCA Publication Papers. (2014). Fabricación de papel SCA. Consultado 12/04/2017, en <https://www.sca.com/globalassets/papper/media/brochyres/papermaking-esp>

APLICACIÓN DE LA IoT AL CONTROL DEL ESTADO DE CONTENEDORES DE RESIDUOS MEDIANTE SISTEMAS DE CAPTURA DE DATOS. EL CASO DE BAHÍA BLANCA

Castagnet, Ernesto Alejandro^{*}; Carbone, Daniel⁽¹⁾

*Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur.
Av. Alem 1253, Bahía Blanca (8000), Buenos Aires, Argentina. ecastagnet@uns.edu.ar*

⁽¹⁾daniel.carbone@uns.edu.ar

RESUMEN.

Muchas ciudades del país, en particular aquellas de la Provincia de Buenos Aires, enfrentan serios problemas en el tratamiento de los residuos sólidos urbanos (RSU). Estas dificultades son producidas por variadas situaciones y ausencia de parámetros para medirlas y evitarlas o reducirlas. Se pueden evidenciar en primera instancia, el incremento de los residuos que se generan y el altísimo costo que representa su recolección. Una de las formas de recolección es a través de rutas contenedorizadas. Las mismas poseen frecuencias establecidas, lo que conlleva a que el camión recolector concorra a servir a cada contenedor encontrándose éste -en muchas oportunidades- aún con capacidad de recepción, por lo que el costo de operación se eleva en función de las toneladas recolectadas. Este trabajo forma parte del comienzo de una línea de investigación que propone identificar las ventajas y/o desventajas de la utilización de IoT (Internet de las Cosas) a un sistema de recolección de rutas contenedorizadas, contrastando los costos operativos versus los costos de implementación de la tecnología mencionada.

Palabras Claves: Asignación de Recursos; Internet de las Cosas; Identificación Automática y Captura de Datos (AIDC); Logística; Operaciones.

ABSTRACT.

Many cities of the country, particularly those located in the Province of Buenos Aires, face serious problems in urban solid waste management. These difficulties are due to several problems and the absence of parameters to measure and avoid or reduce them. Can be evidenced, at first sight, the growth of waste generated and the rising costs that its collection represents. One of the many ways to collect the waste is thru containerized routes. These routes have established frequencies and the truck picks the container -many times- not at its maximum capacity (half empty or half full). Thus, operational costs arise in function of the collected tons. This work is the beginning of a research line of study proposing the identification of advantage and disadvantages of the use of the Internet of Things (IoT) to a solid waste collecting system route vs the implementation costs of the above mentioned technology.

Key Words: Resource allocation; Internet of Things (IoT); Automatic Identification & Data Capture (AIDC); Logistics; Operations.

1. INTRODUCCIÓN

Los residuos constituyen un desafío medioambiental, social y económico para todo el mundo. Para algunos los residuos evocan imágenes negativas: bolsas de basura, desperdicios y vertederos de residuos tóxicos. Para otros, sin embargo, constituyen una oportunidad; la voluntad del ser humano de gestionar los residuos de una forma ecológica ha generado puestos de trabajo y posibilidades de negocio.

La Gestión de Residuos en Argentina se encuentra regulada por la Ley de Presupuestos Mínimos Nº 25.916 (2004), resultando la misma de cumplimiento obligatorio para provincias y municipios, a cargo de su implementación en el territorio nacional. Comprende: 1. La Generación (reducción y reúso); 2. Recolección y Transporte; 3. Tratamiento y 4. Disposición Final.

Con una superficie de 3.761.274 km², 23 provincias más una Ciudad Autónoma y una población de 40.117.096 habitantes (Censo 2010), la población argentina está altamente concentrada en el sector urbano (90%), reportando una cobertura de recolección de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) del 99,8%, una tasa de disposición final en Rellenos Sanitarios (RS) del 64,7%³ y una tasa de generación de 1,15 kg/hab./día de RSU (datos del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable y del BID-AIDIS-OPS). [1] [2]

1.1. Sistema de Recolección y manejo de Residuos. Estado Actual.

El 54% de la población recibe el servicio de recolección en forma tercerizada y el restante 46% como prestación municipal directa. La frecuencia de recolección diaria es superior al 70%. La cobertura de disposición final en RS del 64,7% de la población esconde inequidades geográficas. Esta cobertura es menor en las regiones Norte, 50,1% y del Cuyo-Mesopotamia, 15,2%, siendo que en el resto del país es de 79,4%. El remanente 35,3% de la población cuenta con una disposición final inadecuada: 9,9% en vertederos controlados, 24,6% en Basurales a Cielo Abierto (BCA). La disposición final del 45% de la población es atendida mediante servicio municipal directo, contratos de servicios que cubre al 24% y otras modalidades que cubre al 31%.

En las principales áreas metropolitanas se cuenta con plantas de separación, y se está desarrollando una industria para el procesamiento de los residuos recuperados (plásticos, vidrios, papel y cartón), los cuales son mayormente recolectados por trabajadores informales, tanto en la vía pública como en sitios de disposición final, siendo una importante fuente de recursos para la industria manufacturera: al menos un 50 % del papel y el acero, un 43 % del vidrio y un 40 % de los metales no ferrosos producidos a nivel mundial proceden hoy en día de materiales reciclados.

Los sectores de la gestión de residuos y reciclado arrojan un alto nivel de crecimiento y un gasto estimado promedio de más de USD 2,95 persona/mes para Latinoamérica y el Caribe [LAC – Fuente: Evaluación de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe (BID, 2010)]. Son sectores intensivos en mano de obra. Se estima que entre 400 mil y 4 millones a la cantidad de personas de América Latina y el Caribe (ALC) que sobreviven de actividades de reciclaje, en condiciones de trabajo insalubres y peligrosas [3]. El trabajo de los recicladores supone un beneficio tanto ambiental como empresarial, puesto que contribuye a reducir residuos y a la reutilización de materiales reciclables por la industria, mejorando el efecto post-consumo de sus productos. De esta forma, la actividad que realizan los recolectores supone un servicio valioso, siendo de especial relevancia en zonas urbanas que generan grandes cantidades de desechos.

En los últimos 30 años los residuos han pasado a ser el centro de la política medioambiental, y se han realizado importantes progresos: se están limpiando vertederos e incineradores muy contaminantes, se están desarrollando nuevas técnicas para el tratamiento de residuos peligrosos, etc.

Sin embargo, los sistemas de recolección actualmente implantados aunque han evolucionado, la mayoría siguen los mismos métodos que desde hace 30 años. Algunos sistemas más modernos, han conseguido cambiar el emplazamiento para los contenedores hacia lugares que puedan estar menos visibles o ser menos molestos, teniendo de esta manera nuevos sistemas de almacenamiento soterrados, o con contenedores diseñados para no desentonar con la estética común de las calles, que no dejan escapar olores o que no dejan ver la basura que contienen. De cualquier modo, en algunas zonas de muchas poblaciones esto se hace caro y en ocasiones imposible por la configuración de los propios centros de las ciudades.

Además, la basura orgánica en cualquier caso, debe ser recogida diariamente, debido a motivos de salubridad e higiene. Para el resto de residuos no orgánicos aunque se ha mejorado la estética, siguen utilizando en su mayoría los sistemas tradicionales. Estos residuos que no son tan propensos a emitir olores o a generar situaciones peligrosas para la salud humana, por tanto, no necesitan una recolección tan cíclica como los desechos orgánicos.

1.2. Manejo de Residuos Sólidos Urbanos (RSU). El problema.

Estos sistemas arcaicos de recolección de basura hacen que el presupuesto en este campo se dispare y actualmente represente un alto porcentaje de los gastos de un municipio, lo que hace que los impuestos por la recolección de basura tengan que subir año a año con el consiguiente desencanto por parte de los ciudadanos. Debe reconocerse como importante el necesario seguimiento del movimiento de estos residuos sólidos urbanos, tanto para determinar el lugar de su disposición intermedio o final como del camino que sigue (las vías y caminos que se utilizan, el peso que transportan) para dicha disposición, dado sus efectos sobre el desgaste y/o la rotura de la calzada asfáltica como así también el correcto cumplimiento de las ordenanzas emanadas por la autoridad competente a fin que el responsable del servicio tribute lo que corresponda. [4]

1.3. Costo de Recolección de Residuos Sólidos Urbanos (RSU).

El servicio de recolección en la mayoría de los países en desarrollo, consume un 30 a 60% de las rentas municipales disponibles. En muchos casos, estos costos pueden ser reducidos en un 30 a 50%. [5] Los gastos excesivos para el servicio de recolección le restan recursos financieros limitados a las demás necesidades urbanas, como la educación pública. Este problema puede ser superado dando una adecuada atención a lo siguiente en la fase del diseño:

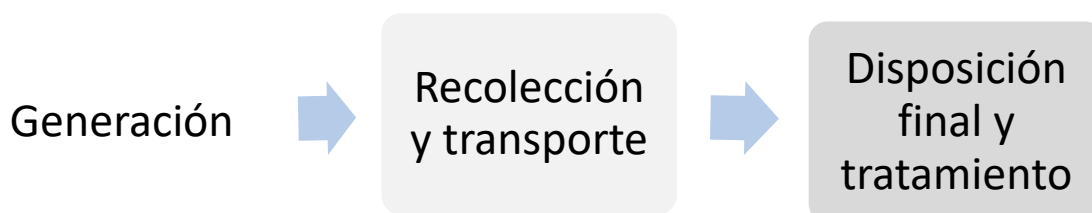
- Inspección de la entrega del servicio.
- Supervisión de los trabajadores de recolección.
- **Selección de técnicas apropiadas de recolección.**
- Optimización del tamaño de los equipos de trabajo.
- **Planificación de las rutas.**
- Limitación del traslado directo a distancias económicamente viables.
- Minimización del tiempo de baja de los vehículos para reparaciones (si estos fueran municipales).

1.4. El trabajo. Objetivo.

Proponemos con este trabajo identificar las ventajas y/o desventaja de la utilización de IoT (Internet de las Cosas – Internet of Things) a un sistema de recolección de RSU de rutas contenedorizadas, contrastando los costos operativos actuales versus los costos de implementación de la tecnología mencionada. Como la gestión de los RSU es compleja, acotaremos en principio el estudio al movimiento de volquetes en la ciudad de Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

1.5. El caso del Manejo de RSU mediante volquetes en la ciudad de Bahía Blanca.

Actualmente Bahía Blanca cuenta con más 300000 habitantes. En este contexto, es natural pensar que es necesario determinar un sistema de gestión de residuos. Además, hay que tener en cuenta que la fuente de esos residuos no es solo doméstico sino que también es industrial, teniendo en cuenta la gran cantidad de residuos que se producen. Podemos pensar el transporte de residuos como un eslabón en la cadena de gestión de residuos:



De esta forma gráfica de representar el proceso de gestión de residuos se deduce que, a pesar que nuestro tema de interés sea la recolección y transporte de residuos en volquetes es necesario entender esta actividad como parte de un todo, en el que no solo intervienen los transportistas sino que también están ligados los generadores y los encargados de la disposición final y transporte.

Por esta razón, es necesario entender algunos de los eslabones de la cadena para lograr tener una comprensión abarcadora sobre la recolección de residuos en volquetes.

1.5.1. Definiciones

Empezaremos por definir los conceptos de “volquete” y contenedor”. Es importante destacar que esta distinción puede parecer trivial sin serlo realmente. El conflicto se encuentra en que estos dos términos se usan como sinónimos. Sin embargo, su significado es relativamente distinto. Es imperativo entender que las palabras, a pesar de ser un conjunto de símbolos que por una convención se les dan un significado distinto y arbitrario, deben ser usadas correctamente para su claro entendimiento.

Veamos, en un principio, las definiciones de la Real Academia Española:

Para el término “volquete” se dan dos definiciones:

1. Carro usado en las obras de explanación, derribos, etc., formado por un cajón que se puede vaciar girando sobre el eje cuando se quita un pasador que lo sujeta a las varas.
2. Vehículo automóvil con dispositivo mecánico para volcar la carga transportada.

Las definiciones que se dan para “contenedor” son las siguientes:

1. Embalaje metálico grande y recuperable, de tipos y dimensiones normalizados internacionalmente y con dispositivos para facilitar su manejo.
2. Recipiente amplio para depositar residuos diversos.

Inicialmente, parece clara la distinción entre estos dos conceptos: el volquete se refiere a un tipo de vehículo, mientras que el contenedor se refiere a un tipo de recipiente. Sin embargo, en Argentina estos significados no son aplicados.

Cuando se hace referencia a un volquete, se está pensando en un recipiente metálico para transportar y manejar objetos que pueden estar relacionados con obras de construcción, que coincidiría con la primera definición del contenedor. En el momento en que se habla de contenedor, nos referimos a la segunda definición dada por la Real Academia Española, donde se lo menciona como un recipiente amplio para depositar residuos diversos. Parece que este uso es mucho más confuso. Dado que esta es la utilización dada por los organismos provinciales y municipales que se tratarán a continuación, siendo estas últimas definiciones las que se adoptarán. Sin embargo, se observará que en ciertas ocasiones puede existir un conflicto entre estos dos términos entre las propias instituciones estatales.

2. LEGISLACION PROVINCIAL PERTINENTE AL SERVICIO DE VOLQUETES

2.1. Residuos

A nivel Provincia de Buenos Aires, la institución afectada por nuestro tema de investigación es el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS). De este organismo depende la aplicación tanto de las leyes, decretos y disposiciones efectuadas por la legislación provincial de residuos especiales y patogénicos como de los residuos sólidos urbanos.

La **Ley Provincial 11.720** [6] define como residuo a cualquier sustancia u objeto, gaseoso (siempre que se encuentre contenido en recipientes), sólido, semisólido o líquido del cual su poseedor, productor o generador se desprenda o tenga la obligación legal de hacerlo. Además esta ley clasifica a la totalidad de residuos en 3 categorías:

1. Residuos especiales
2. Residuos patogénicos
3. Residuos Sólidos Urbanos

Es importante destacar que esta clasificación persigue el objetivo de dar un marco legal determinado a cada tipo de residuo y que ésta no es la única clasificación que existe. Es posible encontrar divisiones del tipo: residuos industriales o no industriales, según su fuente de

producción; residuos domésticos para referirse a los residuos producidos por domicilios particulares, etc.

Nos referiremos -y definiremos- en particular al tratamiento de los RSU.

2.2. Residuos Sólidos Urbanos

La **Ley Provincial 13.592** [7] es la que se encarga de la gestión integral de los Residuos Sólidos Urbanos. Y definimos:

- **Residuos Sólidos Urbanos:** Son aquellos elementos, objetos o sustancias generados y desechados producto de actividades realizadas en los núcleos urbanos y rurales, comprendiendo aquellos cuyo origen sea doméstico, comercial, institucional, asistencial e industrial no especial asimilable a los residuos domiciliarios.
- **Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos:** Conjunto de operaciones que tienen por objeto dar a los residuos producidos en una zona, el destino y tratamiento adecuado, de una manera ambientalmente sustentable, técnica y económicamente factible y socialmente aceptable. La gestión integral comprende las siguientes etapas: generación, disposición inicial, recolección, transporte, almacenamiento, planta de transferencia, tratamiento y/o procesamiento y disposición final.

En uno de los principios y conceptos básicos de esta ley se destaca que la recolección y tratamiento de residuos es un servicio de carácter esencial para la comunidad, en garantía de la salubridad y la preservación del ambiente.

2.3. Disposición de RSU en Rellenos Sanitarios

En la **Resolución 1143/02** [8] se sugiere que la disposición de residuos sólidos urbanos se haga en rellenos sanitarios. En esta misma resolución se explicita que el único tipo de residuos que se deben admitir en un relleno sanitario, son los RSU.

2.4. Recolección y Transporte de Residuos Sólidos Urbanos

En la **Resolución 1142/02** [9], que se encarga de regular las tecnologías utilizadas en la gestión de residuos, se especifica que las empresas que se dediquen a la actividad de recolección y transporte de RSU (residuos sólidos urbanos), deben encargarse de tener en su poder una nómina de vehículos afectados al transporte, acreditando la documentación relativa a aquellos, y en su caso, del contrato que acredite que los vehículos se encuentran a cargo y disposición de la empresa. Deberán adjuntarse Certificados de Revisión Técnica actualizados, extendidos por talleres habilitados al efecto por la autoridad provincial, o en su defecto, por el Organismo Nacional Competente.

En esta resolución se define al término “recolección”, como la etapa que comprende el retiro de los residuos de la vía pública, debiendo realizarse en la forma que determinen las normas legales y que garanticen la minimización de los riesgos sobre el ambiente y la salud; así como también se define “transporte” como el traslado de los residuos en vehículos técnicamente adecuados, desde los puntos de recolección hasta los centros de transferencia, procesamiento o disposición final.

3. LEGISLACION MUNICIPAL PERTINENTE AL SERVICIO DE VOLQUETES

3.1. Ordenanzas promulgadas por el Honorable Concejo Deliberante

A nivel municipal, el área responsable encargada del seguimiento y cumplimiento de la legislación concerniente a volquetes es Saneamiento Ambiental. Subordinado a este organismo, se encuentra el Departamento de Sanidad que es el que se ocupa más directamente sobre estas tareas.

A su vez, el Honorable Concejo Deliberante de Bahía Blanca ha dictado distintas ordenanzas a lo largo de los años que trataremos de recopilar a continuación:

La más importante, debido a que trata el tema directamente es la **Ordenanza Municipal 12.037** [10] que define el “servicio de contenedores” a la actividad por la cual la empresa prestataria pone a disposición de un particular, durante cierto tiempo, un recipiente de gran capacidad, a fin de retirarlo posteriormente con el contenido que dicho particular haya depositado en él.

Obsérvese que esta ordenanza utiliza el término contenedor para la regulación de su actividad. No obstante, las características que se listan posteriormente son propias de un volquete según la

convención que utilizaríamos para diferenciar entre un volquete y un contenedor. Por lo tanto, esta ordenanza es totalmente pertinente.

En esta ordenanza se aclara que todas aquellas empresas que deseen prestar el servicio de contenedores deberán poseer una habilitación municipal. Este proceso consiste en identificar adecuadamente la ubicación de la sede operativa en la cual se estacionarán normalmente los contenedores y los vehículos utilizados para su transporte. Estas empresas tienen la obligación de comunicar, dentro de los diez días, cualquier cambio que se pudiese operar en dichos datos.

En el acto de habilitación, la empresa deberá solicitar la identificación de todos los contenedores que desee poner en actividad. La misma consistirá en un número de serie que deberá guardar una secuencia continua. La identificación será instalada por la Empresa de acuerdo a la Reglamentación elaborada al efecto por la Municipalidad de Bahía Blanca. Todo contenedor que se incorpore posteriormente al servicio, deberá ser identificado mediante el mismo procedimiento, mientras que los depósitos, a cielo abierto o cubiertos, deberán presentar capacidad suficiente para albergar los contenedores declarados y los que se deseen incorporar.

Además de la habilitación de los contenedores la empresa deberá presentar la nómina de los vehículos afectados al transporte de los mismos. Los contenedores no declarados, no podrán prestar servicio alguno sin la habilitación correspondiente.

En cuanto al tiempo que pueden permanecer los volquetes en la vía pública se establecen tres modalidades:

1. En el microcentro, entre las calles Saavedra – las Heras – Lamadrid y 19 de Mayo, los contenedores podrán permanecer 48hs corridas.
2. En las zonas prohibidas del micro-centro y del resto de la ciudad, con autorización especial, los contenedores deberán ser retirados durante la noche de 19:00 a 7:00 horas en invierno y de 21:00 a 6:00 horas en verano.
3. Para el resto de la ciudad, pueden permanecer 120hs corridas.

Estos contenedores tendrán un ancho máximo de un metro y ochenta y cinco centímetros (1,85 m), más 15 centímetros (0,15 m.) para pivotes de enganche. Deberá ubicarse únicamente sobre la calzada en un todo de acuerdo a lo establecido por el Código de Tránsito local para el estacionamiento de automóviles, con su lado mayor paralelo al cordón de la vereda. Como medida primaria de seguridad vial, ambos frentes deberán estar pintados de color blanco y poseer en ambos laterales del parante superior, cuya cara es transversal a la dirección del tránsito, una superficie reflectiva de doce centímetros (12 cm) por cuarenta centímetros (40 cm) con franjas en color rojo y blanco alternadas, de diez centímetros de ancho (10 cm). Es responsabilidad de la empresa, mantener en perfectas condiciones de visibilidad y reflexión la señalización de ambos laterales.

En cuanto a limitación de responsabilidades, en esta ordenanza se aclara que el representante técnico de la obra en construcción o en su defecto el propietario del predio, será responsable de que el material depositado no exceda el nivel de la cara superior del contenedor y verificará que el procedimiento de carga del mismo no produzca molestias y riesgos a transeúntes y vehículos.

Además, la empresa prestataria del servicio será responsable de la colocación, retiro, traslado de contenedor, de acuerdo a las normas de tránsito vigentes y de la disposición final de los residuos.

En lo referido a tipo de residuos permitidos por los volquetes se menciona que solo serán admitidos residuos sólidos urbanos generados en domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios; residuos procedentes de la limpieza de la vía pública, zonas verdes y áreas recreativas; animales domésticos, muebles y envases; residuos y escombros procedentes de obras de construcción, demoliciones y reparaciones domiciliarias.

El transporte de residuos sólidos industriales o especiales, (Ley provincial 11.720), a través del servicio de contenedores, estará expresamente autorizado por el OPDS.

La empresa prestataria confeccionará por triplicado el manifiesto de transporte.

Por otro lado, la **Ordenanza 14954** promulgada en 2008 trata sobre las infracciones que deben ser impuestas a muchos tipos de transporte cuando no se respetará la normativa.

RÉGIMEN DE SANCIONES. Las sanciones por infracciones de tránsito en el Partido de Bahía Blanca se clasifican en:

1. Sanciones por configuración de Faltas Leves y Faltas Graves;
2. Sanciones Accesorias; y
3. Sanciones por infracción a Requisitos Especiales.

También se señala como proceder con el "secuestro" del volquete/contenedor.

A los efectos de esta Ordenanza, se adoptó la siguiente definición para los contenedores y volquetes:

CONTENEDOR o VOLQUETE: Vehículo o receptáculo especialmente preparado para receptar, retener y transportar, diversidad de materiales dentro de sí, destinado a prestar servicio temporario y estático en la vía pública incapaz de movilizarse sino por medio de otro vehículo diseñado o preparado a tal efecto.

En las **Ordenanzas 6964 y 7660** se complementa la anterior ordenanza explicitando que las empresas de contenedores deben pagar multas, intereses y recargos debido a la falta de habilitación municipal.

En la **Ordenanza 12827**, sancionada en 2004, trata sobre las reglamentaciones y normas que deben seguir las obras. En cuanto al uso de volquetes, se impone que en la vía pública no se admitirá la existencia de materiales provenientes de excavaciones, los que deberán ubicarse en cajones o contenedores adecuados, debidamente señalizados.

Referida a los RSU, existe la **Ordenanza 12672** que establece algunos conceptos ya definidos por el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible de la Provincia de Buenos Aires.

DEFINICIONES GENERALES:

Residuos sólidos urbanos (RSU): los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y actividades de servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de especiales (según la Ley Provincial 11.720) y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los productos en los productos en los mencionados lugares y actividades.

Todo generador/operador de RSU, estará obligado a:

- Mantener los residuos en condiciones adecuadas de seguridad e higiene mientras se encuentren en su poder; según lo establezca la reglamentación.
- Asumir el costo de transporte y el pago de la Tasa por Uso de Relleno Sanitario, cuando los residuos sean generados por particulares o comercios y servicios cuyo peso exceda 1 tn.
- Trasladar los residuos a los sitios de disposición final y/o tratamiento autorizados por el Municipio con excepción de los recogidos por el "servicio de recolección".
- Implementar, a su costo, sistema de separación y reducción de la cantidad de sus RSU, como así también otras formas de su valoración, cuando el municipio, así lo disponga.

El transportista deberá confeccionar, por triplicado, un manifiesto de transporte de residuos, según lo disponga la reglamentación.

Las unidades de transporte de residuos sólidos urbanos deberán ajustarse a las características técnicas que establezca el Municipio, debidamente dotados de medios que impidan la dispersión de los residuos en el trayecto hasta el punto de disposición final.

Todo operador/transportista de residuos sólidos urbanos deberá habilitar, ante el Municipio, las instalaciones donde desarrolle su actividad (Ley Provincial 7315) [11].

Todo operador/transportista de residuos sólidos urbanos, cuya actividad sea la de valorización de residuos, deberá llevar un registro documental en el que figuren: cantidad, naturaleza, origen, destino, medio de transporte y método de valoración y/o eliminación de los residuos gestionados.

Los sistemas de tratamiento y disposición final de residuos sólidos urbanos deberán cumplir con las exigencias técnicas establecidas en la legislación nacional, provincial y/o municipal vigentes en la materia.

Queda prohibida la entrega, venta o cesión de residuos a personas físicas o jurídicas sin previa autorización formal del Municipio.

Constituye infracción a la ordenanza el vertido, disposición o eliminación incontrolada de residuos sólidos urbanos.

Constituye infracción a la ordenanza la acumulación indebida de residuos sólidos urbanos, de manera tal que constituya un riesgo para la seguridad e higiene de la población del medio circundante, a criterio del Municipio.

Sin perjuicio de la sanción de multa que se imponga, los infractores estarán obligados a la restitución al estado de las cosas anterior a la infracción cometida, cuando ello sea factible.

3.2. Digesto fiscal e impositivo

El uso de los volquetes está regulado por el CAPITULO 10 del Digesto Fiscal e Impositivo [12].

En el inciso m) del artículo 36 del Digesto Impositivo se especifica que debido a la colocación de contenedores en la vía pública, se deben pagar 0.30 módulos, por mes o fracción y por unidad. Es decir:

$$0.30 * \text{valor del módulo} * \text{cantidad de volquetes} * \text{cantidad de meses}.$$

Además, en el artículo 8, inciso 4, se especifica que todos los usuarios del relleno sanitario, deben pagar:

$$3.5 * \text{valor del módulo} * \text{tonelada de residuo}.$$

Las tasas respectivas serán abonadas cada vez que sean requeridos los servicios, con anterioridad a la prestación efectiva de los mismos.

La determinación de las obligaciones se efectuará sobre la base de las declaraciones juradas, que los contribuyentes, responsables o terceros presenten en las oficinas competentes, o en base a datos que las mismas posean y que utilicen para efectuar la determinación o liquidación administrativa.

4. INTERNET DE LAS COSAS (IoT).

4.1. Definiciones

El término Internet de las Cosas (IoT – Internet of Things) fue acuñado por Kevin Ashton, el Director Administrativo del AutoID Lab del MIT en 2004, cuando Instituciones y Empresas que conformaban hasta ese momento el EAN (European Article Numbering) y el UCC (Uniform Code Council) buscaban “aggiornar” el uso del Código de Barras mediante “nuevas tecnologías”, habilitantes de procesos que permitieran un seguimiento más detallado en una cadena de suministro cualquiera; en particular aquellas volcadas hacia la venta minorista (retail).

Muy resumidamente, el *Internet of Things* (IoT) o Internet de las Cosas es un concepto que se basa en **la interconexión de cualquier producto con cualquier otro de su alrededor** [13]. Desde un libro hasta la heladera de tu propia casa. El objetivo es hacer que todos estos dispositivos se comuniquen entre sí y, por consiguiente, sean más inteligentes e independientes. Una pava dejará de ser “tonta” y pasará a ser “proactiva”. Para ello, es necesario el empleo y desarrollo de numerosas tecnologías que actualmente están siendo diseñadas por las principales compañías del sector. Esto incluye protocolos (como el IPv6), sensores, estándares y modelo de negocios, entre otros.

El *IoT* está asociado a sensores –de todo tipo, puesto que a través de ellos los objetos “ven” lo que pasa y/o lo que les pasa.

4.2 Incorporación de Tecnología a los contenedores

Un contenedor o volquete, como ya ha sido definido anteriormente, no presenta hoy complejidad alguna. La idea es agregarle al menos un elemento que por su costo justifique su incorporación como ser una tag por radiofrecuencia. Una tag es una etiqueta (label) con un cierto espesor. No

tenemos en castellano palabra apropiada que la represente. Esa tag tiene en su interior un chip (circuito integrado) con memoria y una antena que permite su comunicación con el mundo exterior. Según sea la aplicación es la frecuencia que se utiliza. En nuestro caso proponemos la utilización de tags por radiofrecuencia del rango de 916 MHz. [14].

5. METODOLOGIA

Dado que el presente trabajo forma parte del comienzo de una línea de investigación que propone identificar las ventajas y/o desventajas de la utilización de IoT (Internet de las Cosas) a un sistema de recolección de rutas contenedorizadas, contrastando los costos operativos versus los costos de implementación de la tecnología mencionada, comenzaremos por realizar un estudio sobre el sistema actual. Como subproducto verificaremos también la opinión de la gente sobre el uso del contenedor.

Paso seguido simularemos –o trabajaremos sobre elementos reales si fuera posible- la incorporación de elementos de IoT al sistema.

Tomamos como solución IoT la sugerida por los Sres. Ernesto Castagnet y Julio Pertusio que bajo solicitud de patente de invención Expte 20170102118 propusieron el desarrollo de una Unidad de Abordo (UAB) con sensores y antenas, integrados o no, dependiendo del sistema, que se conectarán a tags por radiofrecuencia que –actuando como una patente- estarían adosadas a los contenedores de forma de transmitir los datos de posición y de los sensores (peso, volumen, nivel, etc.) asociados a ella. La UAB incluye, además señal GPS/GPRS para transmitir la información hacia un servidor central donde se alojará la base de datos y el programa que, en la nube, permitirá a los usuarios mencionados anteriormente (estado, proveedor del servicio de contenedores, ciudadanía) y desde distintas pantallas y reportes controlar el funcionamiento del Sistema que llamamos “CONTROL DEL ESTADO DE CONTENEDORES DE RESIDUOS MEDIANTE SISTEMAS DE CAPTURA DE DATOS” o “Seguimiento de Contenedores mediante IoT”

Esta incorporación de elementos IoT abren un mundo nuevo al estudio de los costos operativos y mejoras del sistema gracias al más preciso control y recolección de datos (Big Data) on-line.

Solo pensar en el manejo de los datos permitirá, después de varios años de funcionamiento, trabajar sobre la Inteligencia del Negocio (o BI por sus siglas en inglés) que acelerará aún más la eficiencia y eficacia del sistema para las partes involucradas.

Una vez analizados los datos tanto del sistema tradicional como el del sistema con IoT podremos comparar los costos operativos obtenidos en cada caso. Y otros datos relevantes que servirán para continuar otras líneas de investigación.

6. LOS PRIMEROS PASOS

Hemos comenzado a recabar información sobre las empresas de contenedores autorizadas a trabajar en el Partido de Bahía Blanca.

6.1 Tiempo de Uso de Contenedores/volquetes en el micro centro de Bahía Blanca

Mientras recolectamos datos provistos por la Municipalidad de Bahía Blanca, Agencia Ambiental y las propias empresas proveedoras del servicio nos planteamos como experiencia de campo constatar que el tiempo que residían los contenedores en la vía pública era respetado.

Recordemos que la ordenanza municipal 12.037 establece un tiempo máximo de 48 horas (2 días) para que el volquete permanezca en la vía pública.



Figura 1 Microcentro de Bahía Blanca

Teniendo en cuenta el objetivo, la actividad realizada fue recorrer el micro centro de forma de poder encontrar los volquetes, que satisfagan las siguientes condiciones:

- Deben encontrarse en el micro centro.
- Deben haber sido colocados en ese lugar ese mismo día

De esta forma, se encontraron 3 volquetes que satisficieron las condiciones. Estos volquetes no fueron encontrados en el mismo día, sino que en distintos días pudimos percibir los volquetes recientemente colocados en la vía pública.



Figura 2 Volquetes en el micro centro

De esta forma, habiendo avistado un volquete (cuando se recolectó la primera información se hizo a las 14.00 Hs.), se procedió sistemáticamente a ir cada día entre las 14 horas y las 16 horas para saber si el volquete permanecía en ese lugar, hasta que efectivamente el volquete había sido sacado del lugar. Para confirmar que el mismo no había sido retirado del lugar durante la mañana y traído de vuelta se recurrió a la ayuda de comerciantes locales cercanos al lugar donde permanecía el volquete.

Los resultados hallados se encuentran a continuación:

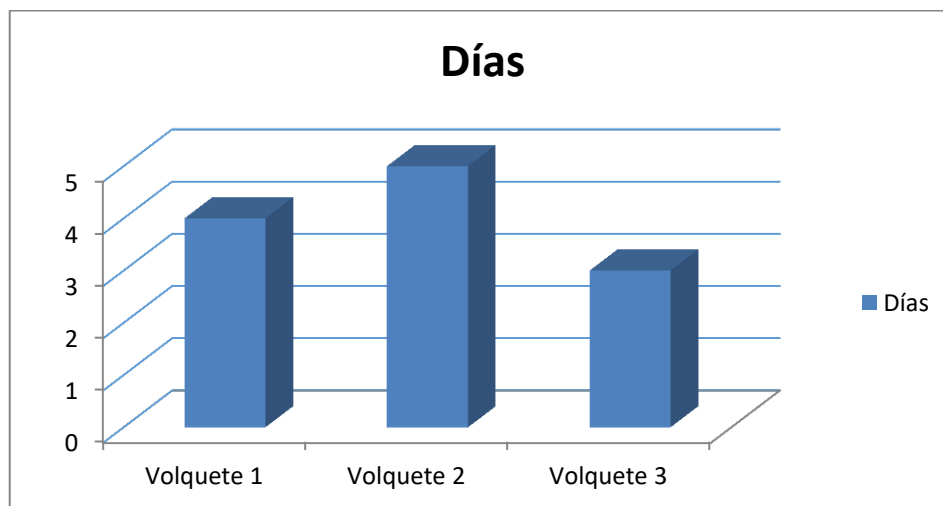


Figura 3 Volquetes y días de permanencia en la vía pública

6.1.1. Conclusiones

Si recordamos la ordenanza municipal 12037, podremos ver que el tiempo permitido para los contenedores/volquetes que permanezcan en la vía pública es de 48 Hs. Podemos observar que todos los contenedores considerados como unidades experimentales sobrepasan este límite, infringiendo la ordenanza citada anteriormente. Está claro que la poca cantidad de unidades experimentales no permiten derivar en una proporción estimada de volquetes que se encuentran en falta. Simplemente sirve de manera ilustrativa para comprobar que no siempre se respeta la ordenanza municipal.

Del grado de avance del trabajo hasta el presente se desprende que sería económicamente viable y más conveniente la incorporación de tecnologías -tales como IDentificación por Radio Frecuencia (RFID)- que permitirán realizar un mejor control y seguimiento de los contenedores que acarrearán RSU beneficiando a los tres componentes que comparten intereses en esta materia: el municipio, la empresa proveedora del servicio de contenedores y la sociedad.

Del trabajo de campo realizado hemos detectado que hay mucho tiempo de demora entre recambios de volquetes debido a la distancia que deben recorrer los camiones para volcar los residuos en el relleno sanitario. Al brindarnos el uso de IoT un mejor control, proponemos la creación de una "playa de transferencia" que traerá aparejado una mejora en costos, eficiencia y eficacia del sistema.

7. REFERENCIAS

- [1] <http://www.ambiente.gob.ar>
- [2] <http://www.iadb.org/es/temas/medio-ambiente/el-medio-ambiente-en-america-latina-y-el-caribe,1663.html>
- [3] <http://www.iadb.org/es/temas/residuos-solidos/iniciativa-regional-para-la-inclusion-de-recicladores,4918.htm>
- [4] <http://ambiente.gob.ar/gestion-integral-de-residuos/gestion-integral-de-residuos-hacia-una-economia-circular/>
- [5] http://www.academia.edu/28099882/Impacto_ambiental_potencial_de_la_recoleccion_y_elimination_de_basura
- [6] <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-11720.html>
- [7] <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-13592.html>
- [8] <http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/RESOLUCION%201143%2002.pdf>
- [9] <http://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/RESOLUCION%201142%2002.pdf>
- [10] <http://www.bahiablanca.gov.ar/digesto/Ordenanza.html?ord=12037>
- [11] <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/d-7315.html>
- [12] Derechos de Ocupación o Uso de Espacios Públicos - Título X - Página 50 – <http://www.bahiablanca.gov.ar/digesto/fiscal2017.pdf>
- [13] XIA,F.; YANG, L.T.; WANG, L.; VINEL, A. (2012). "Internet of Things." *International Journal of Communication Systems*. Vol 25, Fascículo 9, pp. 1101-1102.

- [14] HANNAN, M.A.; AREBEY, M.; BASRI, H; BEGUM, R.A. (2010) "Intelligent solid waste bin monitoring and management system." *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. Vol 4, Fascículo 10, pp. 5314-5319. Australia.

Relación de tamaños de agrupamientos en la MRP

Tania Daiana Tobares¹, Claudio Fabián Narambuena², Fabricio Orlando Sanchez Varretti¹,

(1) *Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Rafael. Grupo SiCo, Gral. Urquiza 0314, 5600, San Rafael, Mendoza, Argentina*
tanitobares@hotmail.com

(2) *Instituto de Física Aplicada, CONICET, Chacabuco 917, 5700 San Luís, Argentina.*

RESUMEN

En la actualidad adquiere cada vez más preponderancia la producción sustentable y la planificación de las operaciones. En este contexto, la Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP) necesaria para que la producción en tiempo y forma de manera que se abastezca a la demanda, plantea la necesidad de analizar diversas técnicas alternativas de organización. Variados modelos de programación dinámica son utilizados por empresas de clase mundial, ya que se consigue con ellos menores costo de abastecimiento, existiendo múltiples desarrollos a lo largo de las últimas cinco décadas. Por otro lado es bien conocido el efecto del agrupamiento tanto de las tareas como de los procesos así como de los sistemas físicos y naturales; donde las combinaciones posibles de ordenamientos de los elementos que los componen es de crucial importancia. Nos proponemos como objetivos plantear un modelo teórico del costo asociado a una serie de pedidos explorando todas las combinaciones posibles de pedido de materiales. Luego calcular los costos asociados a cada una de estas combinaciones para relacionar la probabilidad de ocurrencia de cada agrupamiento con su tamaño, contrastando este desarrollo teórico con un algoritmo computacional.

Palabras Clave: Planificación, materiales, agrupamientos, simulación..

ABSTRACT

At present, sustainable production and planning of operations is becoming more and more prevalent. In this context, the Material Requirements Planning (MRP) necessary for production in a timely manner to supply demand, raises the need to analyze various alternative techniques of organization. Several models of dynamic programming are used by world-class companies, as they achieve lower cost of supply with multiple developments over the last five decades. On the other hand, it is well known the effect of grouping both tasks and processes as well as physical and natural systems; where the possible combinations of orderings of the elements that compose them is of crucial importance. We propose as objectives a theoretical model of the cost associated to a series of orders exploring all the possible combinations of order of materials. Then calculate the costs associated with each of these combinations to relate the probability of occurrence of each cluster with its size, contrasting this theoretical development with a computational algorithm.

Key words: Planning, materials, groupings, simulation.

1. INTRODUCCIÓN

La forma en que se adquieren las materias primas e insumos y la organización de la producción son tópicos de continuo interés científico e industrial. Sin embargo distan mucho de estar completamente desarrolladas y comprendidas las formas óptimas de organizar la producción [1]. Por otro lado la computación y dentro de ella la simulación son herramientas de apoyo a la hora de facilitar el arduo trabajo de quienes hacen uso de ellas para agilizar los tiempos de preparación de las tareas [2]. Es necesario hacer un buen uso de los recursos de la producción con el objetivo de satisfacer los planes de la empresa, por lo que planificar en forma óptima nuestro proceso productivo de modo de alcanzar una manufactura y logística sustentable debe ser el fin de las

empresas actuales [3]. Esta planificación se lleva a cabo sobre cierto periodo de tiempo llamado horizonte de planificación siendo de tres tipos en general: largo, mediano y corto plazo [4]. En nuestro trabajo y con respecto a la Planificación de Requerimientos de Materiales, el periodo a abarcar es el de mediano plazo. En particular nos concentraremos en las decisiones del tipo Single-Level Lot Sizing, un problema del tipo NP-Hard [5] que nos permiten identificar cuando y cuanto de nuestro producto debemos producir minimizando los costos de producción, almacenamiento y reduciendo los desperdicios y tiempos ociosos. Sin embargo las distintas variables de este tipo de problema tan complejo hace que la dificultad de resolución del mismo crezca en forma continua. Podemos citar aplicaciones industriales donde se aprecian las distintas variantes y complejidades aparejadas con la temática; donde las herramientas de optimización para distintos modelos de simulación dependen directamente de la complejidad del sistema en cuestión y donde se abordan estos problemas con software comercial y desarrollos propios [6]. En este último trabajo mencionado un problema de optimización-transporte es estudiado mediante un análisis combinatorio junto al análisis mediante agrupamiento de las variables del sistema; es ahí donde se utiliza un software comercial y propio para la comparación entre los distintos métodos utilizados. También en trabajos recientes se ha analizado el diseño de una cadena de suministro sustentable que es un problema de programación matemática multi-objetivo [7] donde se propone un modelo matemático mixto entero lineal (MILP) para el diseño óptimo de una cadena de suministro. El modelo es presentado como una formulación multi-objetivo y se resuelve optimizando en forma iterativa el modelo económico donde el daño ambiental es considerado mediante restricciones del tipo *constrain satisfaction* y donde la resolución se lleva a cabo mediante el software comercial CPLEX. Podemos marcar una diferencia de este último trabajo con respecto al nuestro donde analizaremos un problema del tipo Dimensionamiento de Lote de Elemento Único sin Restricciones en los Recursos, *single-item uncapacitated lot sizing*, [4]. Las aplicaciones son múltiples y las herramientas diversas como se puede observar y donde se utiliza tanto software comercial como desarrollos propios para resolver los distintos esquemas propuestos. En el caso del software comercial también podemos citar un desarrollo probado y ya comentado como CPLEX [5] que abarca diversos tópicos de la investigación operativa como son: Operational decision management, decisión optimization y *Supply Chain Management*.

En base a lo comentado anteriormente se plantean los siguientes objetivos: General, analizar el tamaño medio de todos los agrupamientos posibles en un periodo de tamaño N en relación a sus costos; Específicos, desglosar todas las combinaciones posibles de pedidos dentro de un plan dado de requerimiento de materiales, calcular los variables asociadas a cada una de estas combinaciones, definir el tamaño promedio de los agrupamientos, relacionar el costo total de cada combinación de agrupamientos con el tamaño promedio de los mismos.

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1 Metodología

En esta sección se analizarán todas las combinaciones posibles de realizar una serie de pedidos en un periodo dado. Un método para resolver el problema de optimización es enumerar $2^{(N-1)}$ combinaciones. En general es necesario poner a prueba las N_{pj} (cantidad de pedidos realizados en el periodo estudiado) políticas en el periodo N -ésimo, lo que implica una tabla de $2^{(N-1)}$ entradas con todas las posibles formas de pedir. Es aplicable en la actualidad hasta ciertos valores de N ya que el poder de cálculo necesario para analizar todas estas combinaciones crece en forma geométrica. Sería deseable analizar, dentro de estas combinaciones, qué tamaño de agrupamiento es más preponderante, es decir si para una relación de costos (Costo de pedir, C_p y Costo de mantener, C_m) dada hay una combinación de tamaños de agrupamientos que aparezca con mayor frecuencia y cómo influye la distribución de los mismos. Para esto debemos realizar un análisis estadístico de cuáles son los tamaños de agrupamiento que son seleccionados con algún criterio de optimización para cada tamaño de periodo N . Se llevarán los tamaños de los grupos de pedidos que se forman en las distintas combinaciones generadas (estados ζ_i) en cada caso y la cantidad de grupos de pedidos generados en cada uno de ellos. El algoritmo utilizado es:

Definir el vector con N periodos;

Definir las cantidades a pedir en cada uno de los N periodos;

Definir los costos cada periodo;

Recorrer el vector de N periodos calculando todas las combinaciones posibles de pedido;

Calcular el costo de cada combinación obtenida;

Sumar los grupos de pedidos de acuerdo a su tamaño;

Almacenar los grupos de pedidos de acuerdo a su tamaño;

Si el costo es óptimo almacenar el tamaño del grupo de pedido;

Resulta interesante investigar con qué frecuencia aparecen los distintos agrupamientos para cada una de las formas de pedir dadas y si tiene relevancia el orden de los mismos dentro del periodo analizado. Registrando el tamaño de cada agrupamiento (la cantidad de periodos que abarca ese agrupamiento) y los costos totales involucrados estaremos caracterizando nuestro sistema.

3. RESULTADOS

Es de interés conocer los tamaños de estos agrupamientos y su distribución en el periodo N para tratar de identificar algún patrón en los mismos y de esta forma comprender mejor la dinámica de este sistema. De esta forma se podrá obtener una optimización del proceso de adquisición de materiales para reducir costos, disminuir los desperdicios, optimizar los procesos siendo de este modo más sustentables. Es por esto que se han desarrollado distintas técnicas que indican la cantidad de periodos a agrupar de modo de realizar una adquisición de recursos para cubrir las necesidades de ese grupo de periodos. Por lo que las necesidades de los N periodos estarán satisfechas por una serie de agrupamientos N_{pj} los cuales están constituidos por una cantidad a_{ij} de insumos acumulados, ec. 1.

$$a_{ij} = \sum \alpha_i \quad (1)$$

Período	1	2	3	4	5
Requerimientos	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5
Tamaño de agrupamiento, l_j	2		3		
Cantidad de agrupamientos, N_{pj}	2		2		

Figura 1. Esquema de una serie de pedidos ($N=5$) donde se pueden apreciar dos agrupamientos de tamaños 2 y 3.

Queda definido, para N periodos de una planificación de requerimientos de materiales, una serie de agrupamientos de tamaño variable. Los tamaños de estos grupos, l_j pueden ser $l_j = 1$ (un agrupamiento incluye un solo periodo) hasta $l_j = N$ (un solo agrupamiento abarca los N periodos). La suma de la cantidades de pedidos multiplicadas por sus tamaños es igual al tamaño del sistema. Una solución óptima se encuentra al hallar una combinación de pedidos de tamaños l_j , pudiendo ser estos de distintos tamaños y la cantidad de los mismos estará comprendida entre $1 \leq N_{pj} \leq N$ dando como resultado para esta combinación de pedidos un costo total mínimo.

$$\sum_j N_{pj} l_j = N \quad (2)$$

Resulta interesante analizar como influye el orden en cada una de las combinaciones posibles. Tomemos como ejemplo dos casos extremos para el caso de $N=5$: se cuenta con 5 periodos y se realiza un pedido por período, el tamaño promedio del agrupamiento se define de la siguiente manera:

$$N_5 = \frac{(1+1+1+1+1)}{5} = 1,0 \quad (3)$$

Sin embargo si realizamos un único pedido que sume las necesidades de materiales de los 5 periodos, el tamaño promedio del agrupamiento se calcula de la siguiente manera:

$$N_5 = \frac{(1)}{5} = 0,2 \quad (4)$$

El orden de los agrupamientos es de importancia influyendo en la resultado final, a continuación se ilustra a modo de ejemplo esta situación. Para $N=5$ y para valores de a_{ij} definidos previamente, la combinación que resulta optima es la combinación de 2 periodos y 3 periodos de adquisición como se muestra la Fig. 1.

Si calculamos el tamaño promedio del agrupamiento de costo mínimo nos queda:

$$N_5 = \frac{(1_2 + 1_3)}{5} = 0.4 \quad (5)$$

Siendo el subíndice una referencia al tamaño del pedido. Sin embargo esta combinación podría haber sido:

$$N_5 = \frac{(1_3 + 1_2)}{5} = 0.4 \quad (6)$$

La ecuación (5) y (6) arroja el mismo tamaño de agrupamiento, sin embargo cuando estos tamaño se relacionan con el costo de mantener y pedir, el orden que resulta de la ecuación (4) presenta el menor costo mientras que no sucede lo mismo con el orden de la ecuación (5) obteniéndose como resultado un costo mayor. A modo de resumen en la figura 2 se muestra las situaciones planteadas anteriormente. El costo asociado a cada combinación en función del tamaño promedio del agrupamiento se aprecia en esta figura donde se representa el costo en función del tamaño promedio de los distintos agrupamientos para una relación de costos $C_p/C_m=100$. Existen agrupamientos que tienen un mismo tamaño promedio pero que sus costos son distintos por lo que podemos decir que el orden de estos agrupamientos influye en el costo total final. Los resultados de las ecuaciones 5 y 6 son los dos valores de Costo Total inferiores con tamaño promedio de agrupamiento = 0,4. Se detallan en la figura también los casos extremos donde realizamos un solo pedido de tamaño N (símbolo superior derecho) y el caso donde realizamos N pedidos de tamaño = 1 (símbolo superior izquierdo) y que tienen asociados los costos totales mayores. Para guía visual se delimitan los valores máximos y mínimos para cada tamaño promedio (líneas de trazo). Todos los resultados posibles quedan dentro de este área.

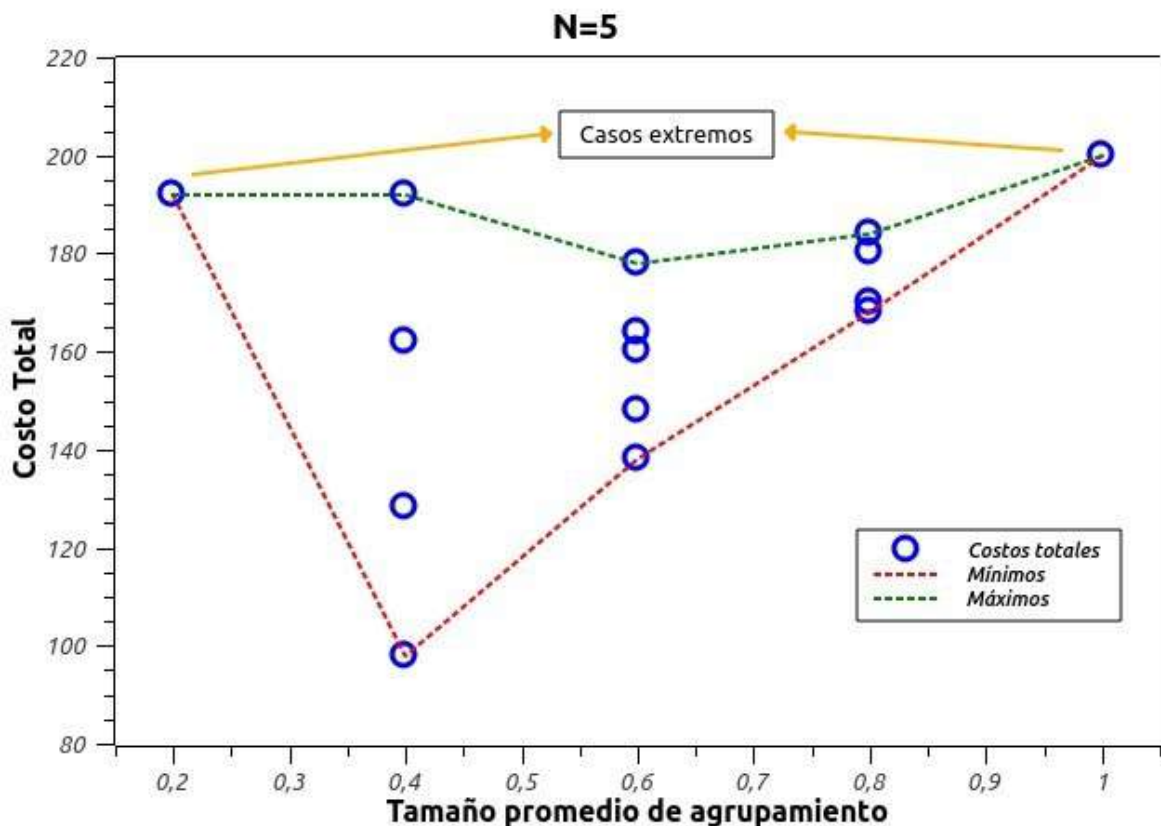


Figura 2. Costo en función del tamaño promedio del agrupamiento para $N=5$.

4. CONCLUSIONES

El análisis de los tamaños de los distintos agrupamientos formados a la hora de realizar un pedido de materia prima nos permite descartar casos extremos y poco probables. Analizando los patrones relacionados con el tamaño de los grupos de pedidos y sus costos totales se puede definir qué casos contemplar y cuáles descartar por tener costos asociados mayores y de este modo obtener una solución óptima. Se observa un patrón característico en la forma de agrupamiento de los pedidos que nos permite decidir que caso utilizar y cuales no tener en cuenta, pudiendo de este modo reducir el número de combinaciones a analizar. Dentro de un tamaño promedio particular podemos evaluar cual es el beneficio de modificar un pedido cambiando la distribución de los grupos de pedidos asociados. De este modo se disminuye el tiempo de procesamiento de la planificación de requerimiento de materiales ya que debemos concentrarnos solo en los agrupamientos más probables y con menores costos totales. En base a lo analizado se puede concluir: *i)* para una razón dada de costos de pedir a costo de mantener podemos definir un tamaño promedio de agrupamiento el cual relacionamos con los costos totales; *ii)* para un tamaño promedio de agrupamiento constante observamos como influye la distribución de los grupos de pedidos en los costos totales, *iii)* los costos totales mayores están relacionados con los casos donde los tamaños de agrupamientos $I_j \approx 1$; $I_j \approx N$. El orden de los grupos de pedidos influye fuertemente en los costos totales a pesar de que el tamaño promedio de los grupos es el mismo.

5. REFERENCIAS.

- [1] Holmström, J; Georges A; Romme, L. (2012) Guest editorial: Five steps towards exploring the future of operations management, *Oper. Manag. Res.*, v. 5, 37 – 42.
- [2] Gálvez, J; Gónzales, J. (1993). *Algorítmica, Análisis y Diseño de Algoritmos II Edición*. Editora RA-MA - Addison-Wesley Iberiamericana. USA.
- [3] Pawlewski, P; Greenwood, A. (2014) *Process Simulation and Optimization in Sustainable Logistics and Manufacturing*, Springer.
- [4] Karimi, B; Fatemi Ghomi, S. M. T; Wilson J.M. (2003). "The capacitated lot sizing problem: a review of models and algorithms". *Omega The Int. Journal of Managment Science*. Vol. 31, 365-378. Netherlands.
- [5] Van Hoesel, C. P. M; Wagelmans, A. P. M. (2001) Fully polynomial approximation schemes for single-item capacitated economic lot-sizing problems, *Mathematics Of Operations Research*, v. 26 (2), 339 – 357
- [6] Guimarães, E. R. S; Rangel, J. J. A; Vianna, D. S; Shimoda, E; Skury, A. L. D. (2015) "Análise de desempenho de modelos de otimização com simulação a eventos discretos". *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*. Vol. 7, N. 13, 18-43. Brasil.
- [7] Gagliardo, A; Corsano, G. (2011). "Un modelo milp multiperíodo para el diseño de una cadena de suministro de bioetanol considerando sustentabilidad". *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*. Vol. 3, N. 2, 209-225. Brasil.

ESTUDIO DE COSTOS LOGISTICOS EN LA EXPORTACIÓN DE CIRUELA PARA INDUSTRIA

Morbidelli, Ariel Antonio ⁽¹⁾, Barón, Rodolfo Iván⁽²⁾

*Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Rafael.
Urquiza 314 San Rafael Mendoza (5600). arielmorbidelli@speedy.com.ar*

RESUMEN.

El presente trabajo engloba un estudio de los costos de exportación de la ciruela desecada enfocándose fundamentalmente en el análisis de las actividades logísticas.

Parte de la hipótesis que como la ciruela desecada es un commodity, el producto final que los distintos países productores aplican al mercado mundial no tiene diferenciación por lo que la competencia se ubica principalmente en el ámbito de los costos. Teniendo en cuenta que los procesos por los cuales se obtienen los productos finales están bastante estandarizados y las tecnologías de los distintos productores son similares, el análisis y mejora de las actividades logísticas puede permitir mejorar la competitividad de nuestros productores favoreciendo la exportación.

El principal objetivo es, mediante un análisis comparativo, conocer las diferencias en los costos logísticos de exportación con nuestro principal competidor a nivel mundial.

El trabajo se estructura en las siguientes partes:

- 1) Identificar todas aquellas actividades logísticas en la exportación que generan costos importantes.
- 2) Utilizar el benchmarking como herramienta de gestión que permite descubrir y analizar cuáles son los aspectos competitivos más importantes entre los actores más fuertes del mercado. El estudio está enfocado en el "benchmarking competitivo"; centrado en competidores directos que presentan perfiles similares al de Argentina.

Como conclusión del estudio se determinó que Chile tiene costos logísticos de exportación bastante más bajos que Argentina siendo esto una gran desventaja competitiva para el sector, por lo que es imprescindible a nivel país trabajar en la mejora de las condiciones estructurales que permitan reducir estos desequilibrios.

Palabras Claves: Ciruela desecada, costo logístico, Benchmarking, exportación.

ABSTRACT

This work includes a study of the prunes' export costs, focusing mainly on the analysis of logistic activities.

Part of the hypothesis that as prune is a commodity, the final product that the different producing countries apply to the world market has no differentiation so that competition is mainly located in the area of costs. Considering that the final products are obtained by standardized processes and the producers' technologies are similar, the analysis and improvement of the logistic activities can allow to improve the competitiveness of our producers and favouring the export.

The main objective is, through a comparative analysis, know the differences export costs with our worldwide main competitor.

The work is structured in the following parts:

- 1) Identify all the export logistic activities that generate important costs.
- 2) Use Benchmarking as a management tool that allows you discover and analyse which are the most important competitive aspects among the strongest competitors in the market. The study is focused on "competitive benchmarking"; centered on direct competitors with profiles similar to Argentina.

As work conclusion, it was determined that Chile has logistic export costs much lower than Argentina, being a great competitive disadvantage for the sector, so it is essential for our country to work on improving the structural conditions to reduce these imbalances.

Keywords: prunes, logistic cost, benchmarking, export.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del producto

Existen muchas variedades de ciruelas para la industria del desecado, pero la más utilizada es la D'Agen, debido a que sus cualidades permite obtener un producto de calidad superior. Esta variedad es originaria de Europa, específicamente de Francia. Este fruto posee características especiales, es de marcada dulzura, muy apreciada por su sabor y gran capacidad de secado. La ciruela desecada se obtiene mediante el sometimiento del fruto fresco a un proceso de secado, por la acción del sol o el uso de hornos. El secado en hornos permite un mayor control, acelera el proceso, lo independiza de factores climáticos y logra una calidad más homogénea del producto. Una vez que el producto es desecado, se calibra, selecciona y lava para iniciar el proceso de tiernizado, tratamiento térmico que permite esterilizar el producto y que a la vez le restaura un determinado nivel de humedad del 28-30 %, haciendo al producto más blando y apto para su consumo. Puede comercializarse con carozo o sin carozo. En este último caso, para eliminar el carozo, se utilizan sistemas manuales o mecánicos. Para preservar el producto, se aplica sorbato de potasio, que evita el desarrollo de hongos y levaduras que puedan alterar sus propiedades. Se envasan en cajas de cartón de 5 y 10 Kg, con bolsa interior de polietileno, que son las formas más importantes de comercialización del producto.

El consumo de ciruelas secas tiene múltiples beneficios para la salud, entre los que se pueden mencionar:

Alto aporte energético, debido a la concentración de nutrientes durante la desecación.

Alto contenido de vitaminas y minerales, tales como: potasio, calcio, hierro, magnesio, betacaroteno (provitamina A), niacina (Vitamina B3) y vitamina C.

Alto contenido de antioxidantes, que hacen más lento el proceso de envejecimiento y contribuyen a proteger el organismo del cáncer, entre otras enfermedades.

Hidratación y regeneración de la piel, por el alto contenido de vitamina A.

Regulación del tránsito intestinal, debido al alto contenido de fibra.

Fortalecimiento de la musculatura, debido al alto contenido de potasio y magnesio, nutrientes que fortalecen la musculatura y evitan los calambres.

También debemos resaltar que la ciruela desecada es un commodity ya que es un producto genérico que tiene valor y un muy bajo nivel de diferenciación. Una de las características principales de un mercado de commodities es que los márgenes de ganancias son más exigüos o escasos.

1.2. Importancia de la producción de ciruela desecada en Mendoza:

La ciruela para industria es uno de los cultivos más tradicionales de la Provincia, los primeros cultivos se inician a comienzo del siglo pasado cuando se importaron desde Francia las primeras plantas de la variedad D'Agen. Debido al éxito de los primeros cultivos gracias al clima característico de la provincia su producción se consolidó y creció rápidamente.

El cultivo es muy importante en el sur mendocino, en los departamentos de San Rafael y General Alvear, y disminuye en las zonas Este y Norte.

Como todos los cultivos, la ciruela, ha tenido importantes variaciones ya sea en la cantidad de producción como en la rentabilidad, pero cabe destacar lo sucedido en los últimos años. A principios de este siglo XXI, los precios ofrecidos por los compradores de la fruta en fresco, apenas alcanzaban para el mantenimiento del cultivo. A mediados de la década pasada, la demanda se fortaleció y provocó año a año, una escalada en los precios que entusiasmó a los productores, no solo mendocinos sino también chilenos y plantaron grandes extensiones, en muchos casos con tecnología moderna y pensando en la cosecha mecánica.

Este fenómeno se debió a la pérdida parcial, durante tres años, de la cosecha en EEUU, principal productor. Dado el volumen de cosecha de EE.UU., una disminución considerable en las mismas, afecta notablemente en el mercado internacional del producto. Cuando la producción vuelve a su normalidad en el país del norte, se empieza a sentir la presión de la sobreoferta de ciruela, tal como lo advirtió la IPA (Internacional Prune Association) en la asamblea del 2006.

La ciruela desecada presenta una ventaja competitiva ya que el producto terminado puede ser almacenado por largos períodos de tiempo, lo que permiten enviarla con un menor riesgo de pérdida de calidad a los mercados más lejanos y los consumidores pueden disfrutar de ella durante todo el año.

Para representar cuantitativamente la importancia de la producción de ciruela desecada en la provincia de Mendoza se analiza en primer lugar la superficie cultivada respecto al resto de los cultivos, la relevancia desde el punto de vista social de la explotación del cultivo y por último los ingresos monetarios que genera el sector a la economía provincial.

De acuerdo al censo frutihortícola 2010 realizado en la provincia por el IDR (Instituto Desarrollo Rural), de las 75.568 hectáreas implantadas en Mendoza con frutales, 18.280 hectáreas corresponden al cultivo de la ciruela para industria representando un 24% del total de variedades frutales. De igual manera la ciruela para industria representa un 38,82 % de superficie con respecto a la principal explotación agrícola de la provincia, la vitivinicultura de acuerdo al mismo informe.

La producción de ciruela para industria en la provincia se encuentra distribuida en explotaciones generalmente pequeñas, habiendo un total de 5.577 propiedades, teniendo prácticamente un 95% de superficie con extensiones entre 1 a 10 ha y en donde casi la mitad entran en el rango de 1 a 5 ha.

El 98% de los productores se encuentran dentro del territorio nacional, mientras que un 1% vive en el exterior. Asimismo, de aquellos productores que residen dentro del país, un 46% vive en el mismo departamento y un 39% en la misma propiedad.

Desde el punto de vista social esta estructura productiva formada por una gran cantidad de pequeños productores tiene gran importancia ya que estas explotaciones constituyen en la mayoría de los casos la principal fuente de ingresos familiar. No obstante desde el punto de vista económico se dificulta la estandarización en las tareas culturales, la incorporación de tecnología y la defensa de los precios del sector.

Para reflejar la importancia económica de la ciruela desecada, desde el año 2005 al 2014 ingresaron en concepto de exportaciones por la venta de ciruelas con y sin carozo la cantidad de u\$s 557.680.046 que corresponden a 267.035.337 kg de fruta seca de acuerdo a información de la Fundación ProMendoza. De igual manera para tener en cuenta la importancia relativa respecto al resto de la economía mendocina los ingresos por exportación de ciruelas desecadas representan el 3,54 % de las exportaciones totales de la provincia y 8,09 % de las exportaciones de productos agroindustriales (datos ProMendoza periodo 2001-2010).

1.3. CONTEXTO INTERNACIONAL

1.3.1. La ciruela desecada en el mundo

Los países productores de ciruela desecada en el mundo son pocos debido a las necesidades climatológicas que precisa dicho cultivo para desarrollarse. Este hecho simplifica la obtención de información respecto a la superficie plantada, rendimientos, comercialización, precios y tendencias de este producto en el mundo.

Los principales países productores son Estados Unidos, Chile, Francia, Argentina y algunos otros con muy poca participación en el mercado mundial. Estos países están agrupados en una asociación de carácter internacional denominada IPA (International Prune Association). Esta asociación trata la problemática del mercado y la producción mundial de ciruela desecada tratando de influir estratégicamente sobre los principales actores del sector a fin de conservar el equilibrio en la cadena de valor de este producto alimenticio.

1.3.2. Comercio Internacional

• Exportaciones en volumen (toneladas)

El país que ha liderado las exportaciones globales durante el periodo 2001-2013 fue Estados Unidos, cuya participación relativa ha ido disminuyendo desde el 2001, donde representaba el 53% de las exportaciones totales mientras que en el 2013 representó solo el 31%. En segundo lugar esta Chile que ha ido aumentando sus valores desde 13% en el 2001 al 27% en el 2013. En tercer lugar esta Argentina que representa el 16% de las exportaciones mundiales. Finalmente se encuentra Francia con un 7% en el 2013.

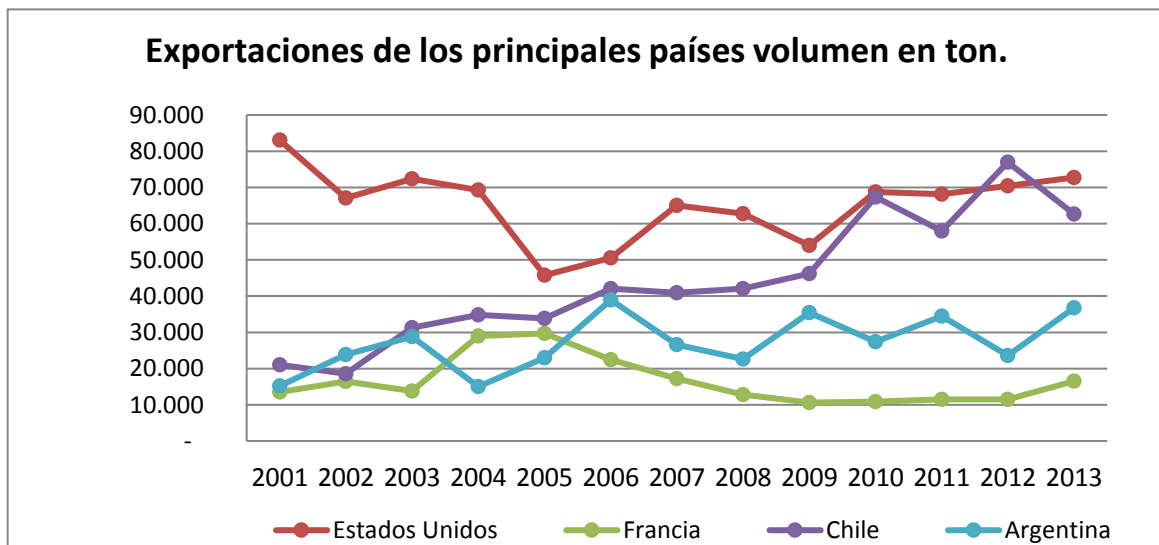


Figura 1 Exportaciones por país de la ciruela desecada en volumen (Periodo 2001-2013).

Durante el 2001-2013 las exportaciones mundiales de ciruela desecada se han incrementado en un 50% en volumen pasando de 156.792 ton en el 2001 a 234.585 ton en el 2013. Se muestra que

existe una tendencia creciente, salvo en el año 2005 que las exportaciones cayeron a 166.400 toneladas.

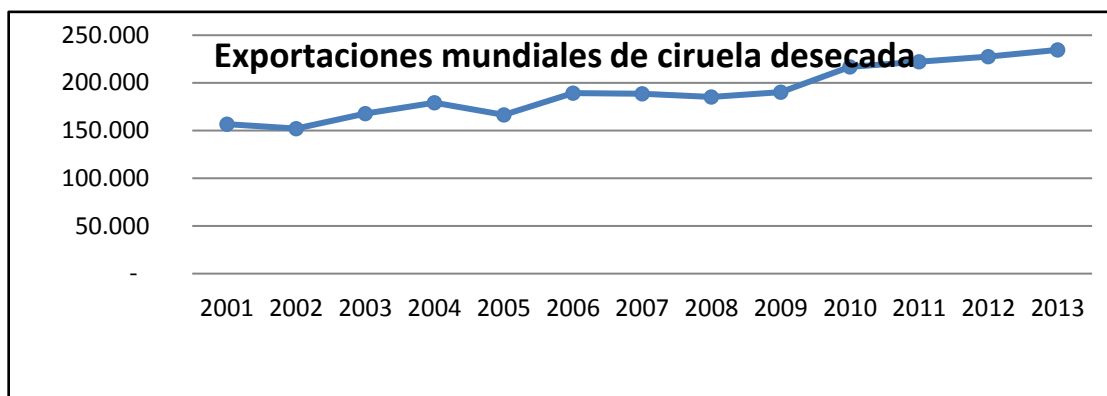


Figura 2 Exportaciones mundiales de ciruela desecada en volumen (Toneladas)

Entre EE.UU, Chile, Argentina y Francia representan el 81% del total del volumen de las exportaciones mundiales.

- **Principales importadores mundiales en volumen (Toneladas)**

El principal importador de este producto durante 2013 fue la Federación de Rusia, con un total de más de 32.390 ton, el segundo Alemania con 17.055 ton y en tercer lugar Brasil con 15.104 ton. El detalle de los principales países importadores lo encontramos en la figura 3.

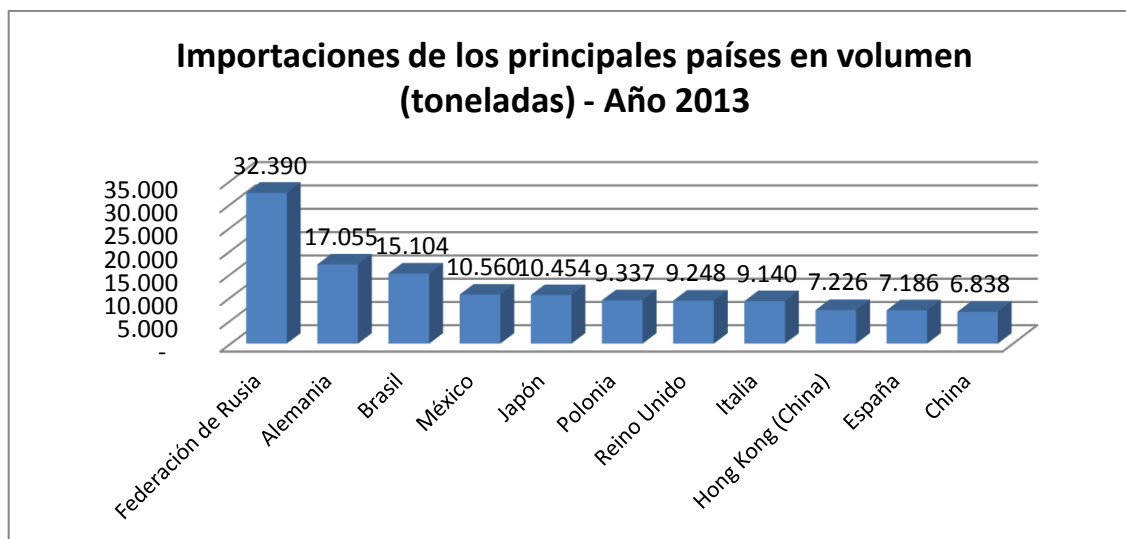


Figura 3 Importaciones de los principales países de ciruela desecada en volumen (ton)- Año 2013

Del análisis de esta información es que va a tomar más adelante como destino de referencia de las exportaciones para el estudio de benchmarking, la Federación Rusa.

2. HIPOTESIS DE TRABAJO

La principal hipótesis de trabajo es que como la ciruela desecada es un commodity, el producto final que los distintos países productores aplican al mercado mundial no tiene diferenciación por lo que la competitividad radica en el ámbito de los costos.

3. OBJETIVO DEL TRABAJO

El objetivo general del presente trabajo es mediante un análisis de benchmarking conocer las diferencias en los costos logísticos de exportación de la ciruela desecada de Argentina con nuestro principal competidor a nivel mundial en el hemisferio sur.

4. METODOLOGÍA

La metodología consiste en aplicar el benchmarking como herramienta de gestión que permita descubrir, analizar y cuantificar todos los aspectos y costos del comercio internacional entre países competidores y un destino común.

5. APLICACIÓN DEL BENCHMARKING AL COMERCIO INTERNACIONAL

5.1. DESARROLLO DEL MÉTODO

Existen varios tipos de benchmarking, nuestro estudio está enfocado en el “benchmarking competitivo”; centrado en competidores directos que presentan perfiles similares al de Argentina. A continuación se mencionan los 5 pasos necesarios para aplicar el método:

Paso 1: Determinar los aspectos significativos a comparar

El primer paso, consiste en determinar los aspectos del **comercio internacional** que van a ser sometidos a benchmarking entre los **países competidores** y un destino común respecto a la comercialización de ciruelas desecadas; estos son:

- a) Planeamiento estratégico comercial
- b) Organismos Internacionales
- c) Barreras al libre Comercio
- d) Incoterms
- e) Modalidades de Pago
- f) Acuerdos Comerciales
- g) Logística Internacional
- h) Logística de Distribución

Paso 2: Seleccionar los países que se van a analizar:

Una vez que se ha determinado los aspectos que van a ser sometidos a benchmarking se seleccionan los países competidores y mercados que se van a analizar.

Si se observa la tabla 1, se puede apreciar que existen básicamente 4 países productores que son Estados Unidos, Francia, Chile y Argentina. Si extendemos la selección a los hemisferios, solamente dentro del hemisferio Sur se encuentran Argentina y Chile, en función de esto el competidor más directo que tiene Argentina es Chile, por lo tanto queda como el país seleccionado.

La selección de los mercados se basó teniendo en cuenta las exportaciones de los países productores (Argentina y Chile) de los últimos años y sus proyecciones.

Para seleccionar el destino común de las exportaciones nos basamos en la siguiente información:

Tabla 1 Países destino de la ciruela desecada (ton).

Países destino de la ciruela desecada				
País Destino	2009	2010	2013	Variación
Brasil	33%	33%	29%	-4%
Rusia	19%	26%	36%	10%
España	16%	10%	7%	-3%
Argelia	6%	6%	6%	0%
Países bajos	4%	2%	2%	0%

En función de estos datos se concluye que Rusia representa un mercado actual y potencial muy importante para ambos países, motivo por el cual se determinó como país destino.

Paso 3: Determinar y recolectar la información

Una vez que se han seleccionado los países que se van a analizar se determina la información necesaria de todo los aspectos del comercio internacional de los países seleccionados, acudiendo a las fuentes de relevancias y con autenticidad.

Paso 4 Analizar la información

Luego de recolectada la información se procedió a analizarla, comparando todos los aspectos del comercio internacional entre los países orígenes (Argentina-Chile) y el destino común seleccionado (Rusia).

Paso 5. Conclusiones:

1. Del análisis de los puntos del comercio internacional:
 - Planeamiento estratégico comercial
 - Organismos Internacionales
 - Barreras al libre Comercio
 - Incoterms
 - Modalidades de Pago
 - Acuerdos Comerciales

Se concluye que:

- a) Tanto Argentina como Chile tienen condiciones muy similares en esos aspectos del comercio internacional.
 - b) El país destino seleccionado (Rusia) tienen igualdad de condiciones en cuanto a acuerdos y/o tratados vigentes tanto para Argentina como para Chile, no existiendo diferencia de ningún tipo en cuanto preferencias arancelarias, barreras no arancelarias y otros beneficios relacionados al comercio de bienes y servicios de exportación.
 2. **Logística Internacional**, es el aspecto del comercio internacional que presenta **una marcada diferencia** entre ambos países.
 3. Logística de distribución, este aspecto no será incluido en la comparación. Se considera que la mercadería de ambos países llega al mismo punto (Puerto San Petersburgo, Rusia).
- Como conclusión del estudio comparativo respecto al comercio internacional entre los dos países competidores y un destino común, se arriba a que la **Logística Internacional** es el aspecto que muestra claramente puntos de diferencia.

5.2. ESTUDIO COMPARATIVO DE LA LOGÍSTICA INTERNACIONAL

En función de la conclusión que se acaba de mencionar, se profundizará el estudio comparativo respecto a la Logística Internacional. Para ello, teniendo en cuenta la información relevada, analizada y los conceptos expuestos anteriormente de logística Internacional se abordarán los indicadores a medir, comparar y cuantificar mediante sus respectivos costos logísticos.

Para realizar la comparación de los dos países involucrados (Argentina/Chile) y un destino común (Rusia), se realizó un estudio de todas las redes logísticas posibles que los unen. Luego de esto se definieron cuatro redes importantes, tres alternativas para unir Argentina y Rusia y una para unir Chile con Rusia.

Respecto a las redes elegidas para Argentina surgieron de una minuciosa investigación que se realizó entre las distintas alternativas posibles en el corto y mediano plazo. Se analizaron dos que existen actualmente como son el paso Cristo Redentor y Puerto Buenos Aires; y se propone una tercera alternativa que es el paso La Leñas. Respecto a Chile se tomó una de las Redes que mejores condiciones tiene para exportar este producto. Estas rutas permitirán comparar los costos logísticos entre las distintas alternativas.

Es importante resaltar que para el desarrollo del análisis comparativo de las cuatro redes en estudio, se fue analizando cada indicador y tratando de mantener los mismos criterios de comparación; de esta manera aquellos indicadores que tiene igual costo logístico se mencionan pero no se cuantifican.

A continuación se realiza la comparación de las cuatro redes propuesta:

1. RED ARGENTINA-RUSIA PASO CRISTO REDENTOR

Podemos dividir esta red en dos etapas:

Tramo 1: Origen, San Rafael, Mendoza (Argentina), que cruza por el paso Internacional Cristo Redentor para llegar luego al Puerto San Antonio ubicado en la ciudad de Valparaíso en Chile, Figura 4. **Tramo 2:** Puerto San Antonio para llegar al destino seleccionado San Petersburgo (Rusia), Figura 5.

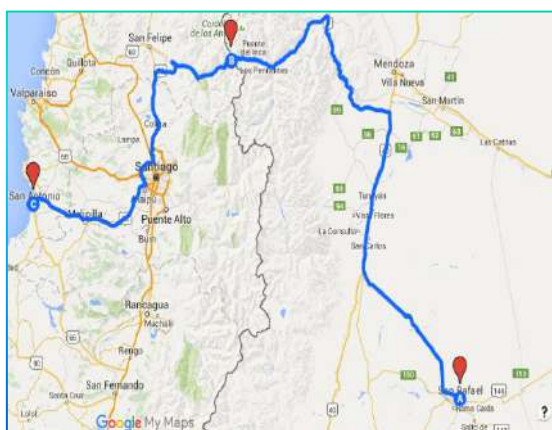


Figura 4 Red Cristo Redentor (Tramo1)



Figura 5 Red Cristo Redentor (Tramo2)

Distancia tramo 1: 653 km. **Distancia tramo 2:** 15.965 km

Contrato de Compra-venta Internacional: Ídem para ambos países.

Preparación de la mercadería:

Producto: Ciruela D'agen Tiernizada sin carozo en cajas de 10 kg

Envase: Cajas de cartón con bolsa interior de polietileno.

Embalaje: Contenedor de 20 std. Generando una unidad de carga de 2100 cjs X 10 kg.

Transporte:

Tipo: Terrestre Internacional- Marítimo

Modalidad: Multimodal

Condición de Entrega: ídem para ambos países, la mercadería es entregada en el puerto San Petersburgo (Rusia)

Frecuencia de salidas: semanal, ídem para ambos países.

Costo de Manipulación: Se especifica en tabla 2

Costos de Transportes: Se especifica en tabla 2

Condiciones Especiales para el Transporte: Se especifica en tabla 2

Costos varios: Seguros, peajes, ingreso y salida de puerto, etc. se especifica en tabla 2

Tabla nº 2 Costos Red San Rafael- San Antonio- St. Petesburg

COSTOS SAN RAFAEL -SAN ANTONIO(CHILE)- ST P	
Lugar de carga	San Rafael
POL	Via San Antonio
POD	St Petesburg
Conceptos	Línea
	20 std
Flete	USD 1.800,00
Thc/I	USD 85,00
Toll	***
Gate(*)	***
Low sulphure surcharge	
Garantia Contenedor (*)	USD 15,00
Seal fee (*)	***
BI fee (*)	USD 50,00
Transporte terrestre Nacional (*)	***
Tap + Ivetta (*)	***
Transporte terrestre internacional	USD 1.950,00
Gate Chile	USD 110,00
Scmc	USD 30,00
Isps	USD 12,00
Control de sellos	USD 30,00
Gastos Terminal Buenos Aires (*)	***
TOTAL	USD 4.082,00

2. RED ARGENTINA-RUSIA VÍA BUENOS AIRES

Podemos dividir esta red en dos etapas:

Tramo 1: San Rafael, Mendoza (Argentina) Destino: Puerto de Buenos Aires, figura 6. **Tramo 2:** Puerto de Buenos Aires. Destino: San Petersburgo (Rusia), figura 7.



Figura 6 Red Puerto Buenos Aires (Tramo1)



Figura 7 Red Puerto Bueno Aire (Tramo 2)

Distancia tramo 1: 983 km. **Distancia tramo 2:** 14152 km

Contrato de Compra-venta Internacional: Ídem para ambos países

Preparación de la mercadería:

Producto: Ciruela D'agen Tiernizada sin carozo en cajas de 10 kg

Envase: Cajas de cartón con bolsa interior de polietileno.

Embalaje: Contenedor de 20 std. Generando una unidad de carga de 2100 cjs X 10 kg.

Transporte:

Tipo: Terrestre Nacional- Marítimo

Modalidad: Multimodal

Condición de Entrega: ídem para ambos países, la mercadería es entregada en el puerto San Petersburgo.

Frecuencia de salidas: semanal, ídem para ambos países.

Costo de Manipulación: Se especifica en tabla 3

Costos de Transportes: se especifica en tabla 3

Condiciones Especiales para el Transporte: se especifica en tabla 3

Costos varios: Seguros, peajes, ingreso y salida de puerto, etc. se especifica en tabla 3

Tabla 3 Costos Red San Rafael- Bs.As.-St. Petesburg.

COSTOS SAN RAFAEL -BS..AS- ST PETESBURG	
Lugar de carga	San Rafael
POL	Vía Buenos Aires
POD	St Petesburg
Conceptos\Línea	20 std
Flete	USD 1.400,00
Thc/I	USD 210,00
Toll	USD 125,00
Gate(*)	USD 25,00
Low sulphure surcharge	USD 75,00
Garantia Contenedor (*)	***
Seal fee (*)	USD 10,00
BI fee (*)	USD 55,00
Transporte terrestre Nacional (*)	USD 2.280,00
Tap + Ivetta (*)	USD 110,00
Transporte terrestre internacional	***
Gate Chile	***
Scmc	USD 30,00
Isps	USD 12,00
Control de sellos	***
Gastos Terminal Buenos Aires (*)	USD 127,00
TOTAL	USD 4.459,00

3. RED ARGENTINA-RUSIA PASO LAS LEÑAS

Origen: San Rafael, Mendoza (Argentina)-Paso Las Leñas-Puerto San Antonio (Chile). **Destino:** San Petersburgo (Rusia), figura 8.



Figura 8 Red Paso Las Leñas

Distancia: 449 km

Contrato de Compra-venta Internacional: Idem para ambos países

Preparación de la mercadería:

Producto: Ciruela D'agen Tiernizada sin carozo en cajas de 10 kg

Envase: Cajas de cartón con bolsa interior de polietileno.

Embalaje: Contenedor de 20 std. Generando una unidad de carga de 2250 cjs X 10 kg.

Transporte:

Tipo: Terrestre Internacional- Marítimo

Modalidad: Multimodal

Condición de Entrega: Idem para ambos países, la mercadería es entregada en el puerto San Petersburgo.

Frecuencia de salidas: semanal, ídem para ambos países.

Costo de Manipulación: Se especifica en tabla 4

Costos de Transportes: se especifica en tabla 4

Condiciones Especiales para el Transporte: se especifica en tabla 4

Costos varios: Seguros, peajes, ingreso y salida de puerto, etc. se especifica en tabla 4

Tabla 4 Costos Red S.Rafael-Las Leñas- San Antonio-St. Petesburgo

COSTOS SAN RAFAEL (Paso Las Leñas)-SAN ANTONIO- ST PETESBURG	
Lugar de carga	San Rafael
POL	Via San Antonio
POD	St Petesburg
Conceptos\Línea	20 std
Flete	USD 1.800,00
Thc/I	USD 85,00
Toll	***
Gate(*)	***
Low sulphure surcharge	
Garantia Contenedor (*)	USD 15,00
Seal fee (*)	***
BI fee (*)	USD 50,00
Transporte terrestre Nacional (*)	***
Tap + Ivetta (*)	***
Transporte terrestre internacional	USD 1.440,00
Gate Chile	USD 110,00
Scmc	USD 30,00
Isps	USD 12,00
Control de sellos	USD 30,00
Gastos Terminal Buenos Aires (*)	***
	USD 3.572,00

4. RED CHILE-RUSIA PUERTO SAN ANTONIO

Origen: Puerto San Antonio (Chile). **Destino:** San Petersburgo (Rusia), figura 9.



Figura 9 Red Puerto San Antonio

Distancia: 15965 km

Contrato de Compra-venta Internacional: Ídem para ambos países

Preparación de la mercadería:

Producto: Ciruela D'agen Tiernizada sin carozo en cajas de 10 kg

Envase: Cajas de cartón con bolsa interior de polietileno.

Embalaje: Contenedor de 20 std. Generando una unidad de carga de 2250 cjs X 10 kg.

Transporte:

Tipo: Marítimo

Modalidad: Multimodal

Condición de Entrega: Ídem para ambos países, la mercadería es entregada en el puerto San Petersburgo.

Frecuencia de salidas: semanal, ídem para ambos países.

Costo de Manipulación: Se especifica en tabla 5

Costos de Transportes: se especifica en tabla 5

Condiciones Especiales para el Transporte: se especifica en tabla 5

Costos varios: Seguros, peajes, ingreso y salida de puerto, etc. se especifica en tabla 5

Tabla 5 Costos para red San Antonio- St. Petesburg

COSTOS SAN ANTONIO(CHILE)- ST PETESBURG	
Lugar de carga	Chile
POL	Via San Antonio
POD	St Petesburg
Conceptos	Línea 20 std
Flete	USD 1.800,00
Thc/I	USD 85,00
Toll	***
Gate(*)	***
Low sulphure surcharge	
Garantia Contenedor (*)	USD 15,00
Seal fee (*)	***
BI fee (*)	USD 50,00
Transporte terrestre Nacional (*)	***
Tap + Ivetta (*)	***
Transporte terrestre internacional	***
Gate Chile	USD 110,00
Scmc	USD 30,00
Isps	USD 12,00
Control de sellos	USD 30,00
Gastos Terminal Buenos Aires (*)	***
TOTAL	USD 2.132,00

5.3. CONCLUSIONES

En primer lugar, presentaremos un resumen de los costos logísticos, de las cuatros redes analizadas, tabla 6.

Tabla 6: Costos Logísticos

COSTOS LOGÍSTICO	
ARGENTINA/RUSIA	COSTOS
RED 1 Paso Cristo Redentor (Ar)	USD 4.082,00
RED 2 Puerto Bs As (Ar)	USD 4.459,00
RED 3 Paso Las Leñas (Ar)	USD 3.572,00
RED 4 Puerto San Antonio (Ch)	USD 2.132,00

La figura 10, nos muestra la comparación de dichos costos:

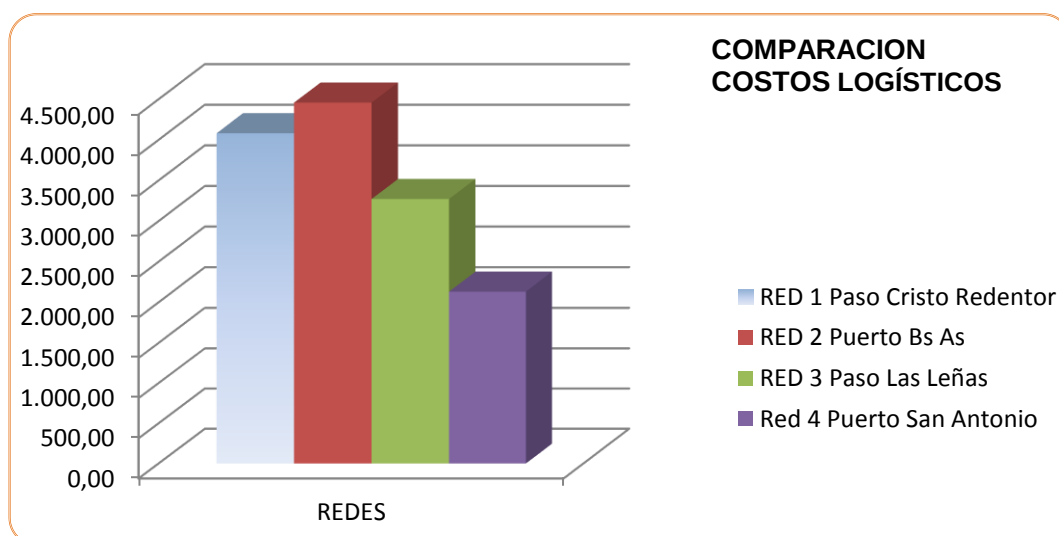


Figura 10 Comparación de Costos Logísticos

En tabla 7 podemos observar las diferencias en dólares de todas las redes de Argentina con nuestro país competidor (Chile) y a un mismo destino:

Tabla 7 Comparación Costos Logísticos

COMPARACIÓN COSTOS LOGÍSTICO					
ARGENTINA/RUSIA	COSTOS	CHILE/RUSIA	COSTOS	DIFERENCIA	(*)DIFERENCIA EN %
RED 1 Paso Cristo Redentor	USD 4.082,00	Red 4 San Antonio	USD 2.132,00	USD 1.950,00	36%
RED 2 Puerto Bs As	USD 4.459,00	Red 4 San Antonio	USD 2.132,00	USD 2.327,00	43%
RED 3 Paso Las Leñas	USD 3.572,00	Red 4 San Antonio	USD 2.132,00	USD 1.440,00	21%

(*) Representa la diferencia de costo en porcentaje de las distintas Redes (ARGENTINA/RUSIA) respecto de la RED 4 (CHILE/RUSIA).

El trabajo de investigación realizado aplicando benchmarking como herramienta de gestión permitió analizar y cuantificar las situaciones que se dan entre los países Argentina y Chile respecto a la exportación de ciruela desecada a un mismo destino, que se pueden resumir en las siguientes conclusiones:

- 1) Chile tiene costos logísticos de exportación bastante más bajos que Argentina, 43 % menos que la Red 2 Puerto Buenos Aires; 32 % menos que la Red 1 Paso Cristo Redentor y 21 % menos que la Red Paso Las Leñas; lo cual se constituye en una gran ventaja competitiva para el sector.

- 2) Respectos a las alternativas que tiene Argentina se puede concluir lo siguiente:

Alternativa 1 Red Argentina-Rusia paso Cristo Redentor tiene costos más bajos que el Puerto Buenos Aires, pero tiene limitaciones desde el punto de vista climático ya que cuando se realiza el mayor flujo exportación se presentan condiciones de grandes nevadas que cortan el paso.

Alternativa 2 Red Argentina-Rusia vía Buenos Aires es la que presenta mayor costo pero está disponible todo el año. Tiene además una pésima ubicación, no deja de ser un puerto de río lo cual limita la navegación de buques de gran capacidad.

Alternativa 3 Red Argentina-Rusia paso Las Leñas sería la mejor alternativa desde el punto de vista de los costos y además presentaría las siguientes ventajas:

- Posibilitar el tránsito en forma permanente
- Pendientes aceptables
- Posibilitar la modalidad de tránsito multimodal
- Tener acceso directo al Puerto de San Antonio y Valparaíso
- Baja altura (2260 msnm)
- Menor costo de transporte, operación y mantenimiento.

Todas estas ventajas están expresadas de modo potencial ya que si bien el paso tiene aval técnico y gubernamental para la concreción, al día de la fecha no está construido.

- 3) Cuando se comparan los costos marítimos tanto desde el Puerto de San Antonio (Chile) como desde el Puerto de Buenos Aires tienen valores muy próximos. Lo que eleva el costo logístico es el valor del sistema terrestre utilizado para llevar la mercadería a los puertos, debido a:
 - a) Situación actual de infraestructura
 - b) La ineficiencia del sistema
 - c) Inestabilidad del mismo (problemas gremiales y/o climáticos)
 - d) Concentración de un único modo que es el vial. Esta sobrecarga contribuye a un mayor deterioro de la infraestructura y una serie de problemas logísticos (congestión vial, demoras en los puertos de carga y descarga) que se traducen en sobrecostos.
 - e) Altos riesgos de seguridad por ser trayectos tan amplios.

Esto sin lugar a duda constituye uno de los principales cuellos de botellas para la competitividad del país.

- 4) En función del análisis anterior, se destaca también que la alternativa Las Leñas tenga la menor diferencia de costos con respecto a Chile por la disminución del transporte terrestre respecto a las otras dos alternativas.
- 5) Por todo lo expuesto es vital además lograr multimodalismo en el transporte interno de las cargas de exportación, fundamentalmente incorporar el sistema férreo.

5.4. REFERENCIAS

- [1] www.alimentosargentinos.gov.ar
- [2] International Prune Association (IPA)
- [3] www.idr.org.ar
- [4] www.trademap.org
- [5] www.odepa.gob.cl
- [6] www.prochile.gob.cl
- [7] www.sagpya.mecon.gov.ar
- [8] www.alimentosargentinos.gov.ar
- [9] www.prunesfromchile.cl
- [10] Bernardo Prida Romero, Gil Gutiérrez Casas. *Logística de Aprovisionamiento*. 1996
- [11] Roberto J. Boxwell. *Benchmarking para Competir con Ventaja*. . 1995
- [12] Pistono Raschieri J., *Desecación de los productos vegetales*.
- [13] Prof. Lic. Marcos Rezinovsky, *Estudio de Costos*, Año 2009
- [14] Rodolfo Torres-Rabello. *Costos Logísticos*
- [15] Alejandro Molins, *Logística Internacional*, Año 2011-2012

ESTUDIO DE LA MOVILIDAD DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOMAS DE ZAMORA A TRAVÉS DEL MÉTODO DE LA MATRIZ DE CUATRO PASOS

Pennella Carla Natalia; Serra, Diego Gastón; Liz Cruz; Julieta Carnuccio

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora
RUTA 4 (ex-Camino de cintura) – KM. 2
Lomas de Zamora, Buenos Aires (1832)
carla.pennella@hotmail.com
diego.g.serra@gmail.com
lizcruz984@gmail.com
juli.carnuccio@gmail.com*

RESUMEN:

La Universidad Nacional de Lomas de Zamora, creada en 1972, fue la primer Universidad radicada en el conurbano bonaerense. Actualmente cuenta con más de 40.000 alumnos en sus diferentes unidades académicas: Facultad de Ciencias Agrarias, Ciencias Económicas, Ciencias Sociales, Derecho e Ingeniería. Todas ellas se encuentran ubicadas en el cruce de Camino de Cintura y Juan XXIII, con excepción de la Facultad de Ciencias Agrarias, la cual actualmente se localiza a 1,5km del predio principal.

Debido a su ubicación, las características predominantes de sus alumnos y la región que la rodea, detectamos la necesidad de proponer mejoras en el acceso y movilidad de los estudiantes desde/hacia la Universidad.

Por ello se propone estudiar los medios de acceso y recorrido de los actores universitarios: de dónde vienen, hacia dónde van, qué medios y caminos utilizan, cuánto tiempo demoran en el trayecto, entre otros.

El objetivo de la investigación es relevar dichos datos, hacer un análisis previo de las distintas variables encuestadas y en una próxima línea de investigación alimentar con los datos obtenidos el método de la Matriz de los Cuatro Pasos. Dicha Matriz analiza los siguientes aspectos: generación de viajes; distribución de viajes; selección modal; selección de ruta. Mediante este procedimiento se buscará realizar sugerencias tendientes a resolver los problemas cotidianos asociados al acceso y movilidad de los actores involucrados, proponiendo un Plan de Acción para abordar las principales problemáticas aparejadas.

Palabras Claves: UNLZ; Encuestas; Transporte; Movilidad; Matriz

ABSTRACT:

The National University of Lomas de Zamora, created in 1972, was the first university located in the Buenos Aires metropolitan area. Currently it has more than 40,000 students in its different academic units: Faculty of Agrarian Sciences, Economics, Social Sciences, Law and Engineering. All of them are located at the intersection of Camino de Cintura and Juan XXIII, with the exception of the Faculty of Agrarian Sciences, which is currently located 1.5km from the main property.

Due to its location, the predominant characteristics of its students and the region that surrounds it, we detected the need to propose improvements in the access and mobility of students to / from the University.

Therefore, we propose to study the means of access and travel of university actors: where they come from, where they are going, what means and roads they use, how long they take in the journey, among others.

The objective of the research is to collect the data, make a previous analysis of the various variables surveyed and in a next line of investigation feed the method of the Matrix of the Four Step with the data obtained. This Matrix analyzes the following terms: generation of trips; distribution of trips; modal selection; route selection. This procedure seeks to make suggestions aimed at solving the daily problems associated with the access and mobility of the actors involved, proposing an Action Plan to address the main issues involved.

Key Words: UNLZ; Surveys; Transport; Mobility; Matrix

TRABAJO FINAL

1. INTRODUCCIÓN

La Universidad Nacional de Lomas de Zamora desde su fundación fomentó la educación de estudios universitarios a familias de clase media/baja, gracias a su ubicación estratégica en la región del conurbano sur bonaerense. La Universidad fue impulsando crecimientos exponenciales en el transcurso de los últimos años, contando en 2014 según datos de la SPU con aproximadamente 34.729 alumnos en sus diferentes unidades académicas: Facultad de Ciencias Agrarias, Ciencias Económicas, Ciencias Sociales, Derecho e Ingeniería. Todas ellas se encuentran ubicadas en el cruce de Camino de Cintura y Juan XXIII. [1]

A raíz de esta situación y emparejado con el grado de crecimiento de la Universidad nace la problemática de la movilidad de los actores involucrados, fundamentalmente los alumnos de las distintas unidades académicas.

Por tal razón proponemos estudiar los medios de acceso y recorridos cotidianos de los alumnos desde y hacia donde la Universidad. Se estima que la mayoría de los estudiantes, docentes y personal no docente se movilizan mediante el transporte público.

El objetivo de la investigación es relevar los datos de los actores involucrados de la UNLZ a través de encuestas y analizar los mismos de forma cualitativa determinando los medios utilizados y variables de influencia. Mediante este procedimiento se buscará aplicar en futuras líneas de acción la Matriz de los Cuatro Pasos con los datos obtenidos y así realizar sugerencias tendientes a resolver los problemas cotidianos asociados a mejorar la movilidad de los actores universitarios.

2. DESARROLLO

2.1. Características de la UNLZ y su región de influencia

Desde su fundación, la Universidad Nacional de Lomas de Zamora ha articulado su misión con la integración al medio social y productivo de su región de influencia, estableciendo claros objetivos de promoción y transferencia del conocimiento hacia la sociedad en su conjunto. Las ofertas académicas, junto con las actividades de extensión e investigación se han articulado históricamente con las necesidades regionales. En el segmento final de la década del '60, la comunidad de Lomas de Zamora -a partir del impulso de sus organizaciones intermedias- delineaba las aspiraciones de contar con un centro de estudios universitarios. Los sueños y anhelos de esa comunidad, se corporizan el 13 de octubre de 1972 con la sanción de la Ley 19.888 que crea - junto a otras casas de altos estudios - la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. La UNLZ nació con la misión expresada en la Ley de contribuir al desarrollo de la región del conurbano sur y oeste. Para la época de su fundación (1972) en la vasta zona del conurbano, la UNLZ y la Universidad Nacional de Luján (20/12/72) fueron las únicas instituciones que se hicieron cargo de brindar educación superior. La explosión demográfica del conurbano y de sus clases populares exigía una respuesta formativa profesional que hasta entonces ni la UBA ni la UN de La Plata podían brindar sin generar desarraigo en los jóvenes.

Desde su creación durante más de 20 años fue la única Universidad que brindó oportunidades educativas de nivel superior en la región. Recién a fines de los años 80 y promediando los años 90 se verifica la creación de nuevas Universidades Nacionales como son la de Gral. Sarmiento (20/5/92), la de Tres de Febrero (7/6/95), la de La Matanza (29/9/89), la de Lanús (7/6/95), y la de Quilmes (29/9/89); que diversificaron la oferta y por consiguiente las oportunidades educativas. Sin embargo estas Instituciones fueron creadas con mandatos y misiones claramente diferenciadas, y sus proyectos de desarrollo institucional se orientaron hacia la oferta de carreras alternativas o hacia la oferta de postgrados; por lo cual la formación profesional y la generación de alternativas socio-productivas para el conurbano sur sigue aún hoy siendo el factor que prioriza las acciones de la UNLZ.

La UNLZ permaneció fiel a su mandato fundacional de generar condiciones para el desarrollo del conurbano mediante ofertas académicas de salida profesional que facilitasen la permanencia de los jóvenes en la región, su movilidad social hacia mejores puestos de trabajo, y por sobre todo, que se fortaleciera el proceso de creación de empresas y de empleo en esta extendida región urbana. Por esta razón la UNLZ a través de cada una de sus Unidades Académicas (UAs) ha asumido como prioridad institucional la tarea de formar profesionales jóvenes orientados a la producción y los servicios de los parques empresarios regionales.

Como producto de los años de desempeño de esta Universidad se formaron los Recursos Humanos de una de las zonas de mayor concentración de PyMEs industriales del País, en la que

se registra una de los mayores índices de empleabilidad. Por esta razón la UNLZ es una de las Universidades Nacionales que mayor movilidad social ascendente genera entre su estudiantado. Estas características de la Institución conforman un cuadro de pertinencia social de la misión y el desempeño de la UNLZ y sus UAs.

Con un promedio de 9000 ingresantes por años, y alrededor de 35 mil alumnos regulares, Lomas aporta un significativo porcentaje de la matrícula de las instituciones de educación superior de la provincia de Buenos Aires. El recurso humano fundamental lo compone un plantel de más de 2300 docentes. La UNLZ ha forjado una sólida trayectoria académica con fuerte influencia sobre casi 2.800.000 de habitantes del sur del conurbano bonaerense, además de su proyección en las zonas aledañas

Actualmente, ocupa varios edificios construidos en el predio Santa Catalina y en el complejo universitario en el denominado Cruce de Lomas, al que se accede por la Avenida Juan XXIII, a metros de la Ruta Provincial N° 4 Y extiende su zona de influencia a varios distritos del Conurbano Bonaerense. El complejo universitario -en donde se ubican los edificios de las Facultades de Ingeniería, Derecho, Ciencias Económicas, Ciencias Sociales, el Laboratorio de Medios y la Biblioteca Central- está enclavado en los límites de los partidos de Lomas de Zamora y Esteban Echeverría y en cercanía de La Matanza, Almirante Brown, Ezeiza, Florencio Varela, Presidente Perón y San Vicente.

Su prestigio puede verificarse en la exitosa inserción de la mayoría de sus casi 30 mil graduados, especialmente dentro de las disciplinas que ya forman parte de su tradición académica. La UNLZ ha conseguido ubicarse en un lugar de referencia obligada a nivel nacional en temas de diversa índole, y con reconocimiento en muchos países de América Latina. Sus graduados han sido la llave maestra para los emprendimientos y desarrollos productivos de los 8 partidos y jurisdicciones más densamente poblados del país, y son parte de una ecuación de equilibrio social en la zona urbana con mayores contrastes en el ingreso promedio y la situación socioeconómica poblacional.

2.2. Marco teórico

Un modelo es una representación simplificada de una parte del mundo real, que se centra en ciertos elementos considerados importantes desde un punto de vista particular. La modelización del transporte y la movilidad diaria de los actores de la sociedad es un caso de estudio que se ha desarrollado a lo largo del tiempo en diferentes ciudades con el objetivo de optimizar los flujos del tránsito, a través de la recolección de datos de la situación actual de pasajeros, orígenes/destinos y vehículos y de la modelización del mismo mediante diferentes métodos. [2]

Los modelos de transporte son herramientas de vital importancia para la planificación del mismo, permitiendo conocer el estado actual de la red vial para optimizar el tránsito según la zona de estudio y tomar decisiones basadas en la asignación de los recursos a las distintas áreas. Así mismo, según Ortúzar y Willumsen *"los modelos de transporte y toma de decisiones se pueden combinar en diferentes formas dependiendo de la experiencia local, las tradiciones y la experiencia."* [3]

Muchos modelos tradicionales utilizados en las redes de tráfico asumen flujos en estado estacionario o tratan de modelar el comportamiento en estado estable de flujo de tráfico en períodos de tiempo determinados. Estos modelos son útiles para ciertos fines, sin embargo, los problemas de tráfico reales son dinámicos con el tiempo. Por lo tanto, para resolver la mayoría de las situaciones, se requiere del conocimiento de la evolución temporal del flujo de tránsito. Consecuentemente, es conveniente utilizar modelos dinámicos para reproducir el comportamiento del flujo real, lo cual nos permite predecir cómo evolucionan los tiempos de viaje entre los diferentes destinos/orígenes, los niveles de congestión, o velocidades medias con el tiempo, dando paso a la toma de decisiones importantes para contrarrestar y prevenir los inconvenientes habituales. [4] [5]

Dentro de las metodologías más estudiadas e implementadas se encuentra el método de la Matriz de los 4 Pasos.

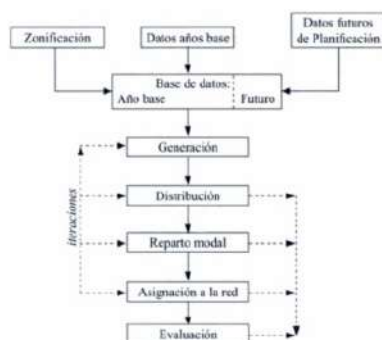


Figura 1 – El modelo clásico de transporte de cuatro etapas [6]

Dicho modelo se trata de uno de los más utilizados en la modelización del transporte en las distintas ciudades, constituyendo un importante instrumento para la planificación del mismo y cuyo desarrollo inicial data en España en los años 50'. El mismo trabaja sobre la hipótesis de que los usuarios realizan secuencialmente un conjunto de elecciones que caracterizan sus viajes, a base de ciertos atributos personales y del sistema de transporte. Estas elecciones establecen la relación con las decisiones de viajar (generación de viajes) hasta un destino (distribución de viajes) en un modo de transporte (partición modal) y a través de una ruta determinada (asignación). La agregación de estas decisiones individuales, determina las características de operación de un sistema de transporte dado.

De esta forma se despliegan los Cuatro Pasos de la Matriz a través de las siguientes etapas:

- 1) Generación de viajes –donde se crea la acción de viajar-
- 2) Distribución de viajes –se alimenta con el resultado del primer paso para consignar la matriz origen-destino (OD) con tiempos entre zonas- [7]
- 3) Selección Modal -divide el total de los viajes entre cada pareja de zonas por modos, se alimenta del número de viajes obtenidos en el paso 2 agregando información del transporte público y privado, se obtienen varias matrices (una para cada modo de viaje)-
- 4) Selección de Ruta o Asignación de Viajes -permite obtener como resultado final del modelo, la ruta de viaje que tomarán los usuarios-.

El primer paso de la modelización, Generación de Viajes, tiene como objetivo predecir el número total de viajes generados (O_i) y atraídos (D_j) por cada zona del área en estudio a partir de los datos sobre atributos socioeconómicos de los hogares. Esto se debe a que los viajes generados dependen comúnmente de: cantidad de población, ingreso por persona y por hogar, tasa de motorización, tamaño de la vivienda, tenencia de vehículo, su estructura y la accesibilidad a la red de transporte. Así mismo, los viajes atraídos son función de la cantidad (en metros cuadrados o en empleos ocupados, según los datos que se posean) de industrias, comercios y otros tipo de servicios como por ejemplo de salud, recreación, etc.

En el segundo paso, Distribución de Viajes, se necesita conocer mayor información respecto al patrón de generación de los mismos, desde y hacia donde ocurren los viajes, los modos de transporte escogidos y las rutas tomadas. De esta forma se tiende a representar el patrón en una matriz de viajes bidimensional, en donde las filas y columnas representan distintas zonas z del área en estudio. Así, tal cual expresa el profesor del Departamento de Estadística e Investigaciones Operativas de la Universidad Politécnica de Cataluña Jaime Barceló, *"la demanda se modela en términos de una matriz cuyas filas son los orígenes y cuyas columnas son los destinos, obteniendo de la misma el T_{ijtp} , el cual representa el número de viajes de origen i a un destino j durante un periodo de tiempo t y por determinado propósito p ".* [8] Dicho análisis y matriz bidimensional puede realizarse con distintas profundidades de información dependiendo del objetivo del mismo (incluyendo o no el motivo del viaje, el tiempo y la forma), representando de esta forma la cantidad de usuarios con características de viaje similares, que se mueven entre pares de las zonas de una red de transporte durante un periodo determinado de referencia. [9] [10] En el caso de la Selección Modal, tercer paso del método, se pueden clasificar los factores que influyen en la elección modal en tres grandes grupos:

- 1- Las características del realizador del viaje (disponibilidad y/o propiedad de un auto; posesión de un carnet de conductor; estructura del hogar, ingreso; decisiones hechas en otra parte; densidad residencial)
- 2- Características del viaje (el motivo del viaje, la hora del día, la zona, distancia, etc.)
- 3- Las características de las instalaciones de transporte (factores cuantitativos - tiempo relativo de viaje, tiempo en el vehículo, de espera y caminata por cada modo, costos monetarios relativos- y factores cualitativos –por ej. comodidad y conveniencia, confiabilidad y regularidad, protección, seguridad).

Por último, en el caso de la Selección de Ruta o Asignación de Viaje, la oferta está compuesta por una red de caminos $S(L, C)$ representada por arcos L (y sus nodos asociados) y sus costos C . Los costos son función de un número de atributos asociados a los arcos, por ejemplo, distancia, velocidad de flujo libre, capacidad y una relación de flujo-velocidad. Por su lado, la demanda está compuesta por una indicación de la cantidad de viajes por cada par O-D y modo que serían hechos para un nivel de servicio dado por una red de transporte. Durante la etapa de asignación de tránsito estándar, se usan un conjunto de reglas o principios para cargar una matriz fija de viajes en la red y así producir un juego de flujos sobre los arcos. [11]

Los principales objetivos de esta etapa son:

1. Primarios: obtener buenas medidas agregadas de la red, por ejemplo, flujos totales de autopistas, ingreso total por servicio de colectivo; estimar costos de viajes de zona a zona (tiempos) para un nivel de demanda dado; obtener flujos de arcos razonables e identificar arcos muy congestionados.

2. Secundarios: estimar las rutas usadas entre cada par O-D; analizar que pares O-D usan un arco o ruta particular; obtener los movimientos en las bocacalles para el diseño de futuros cruces. Existen distintos software para la aplicación de la Matriz de los 4 Pasos, uno de ellos se trata del TransCAD, el cual permite realizar las cuatro etapas de la modelización. Dicho software es un sistema con capacidad de información geográfica (GIS) y modelización de transporte integrada, diseñado para visualizar, gestionar y analizar los datos de transporte, incluyendo objetos de datos de transporte tales como las redes de transporte, matrices, sistemas de rutas, y los datos de referencia lineales. [12]

Si bien hasta el momento no se han encontrado estudios de la problemática en la región de análisis con aplicación de la metodología anteriormente explicitada, se tiene acceso a la experiencia de modelos y datos empíricos implementados en varias ciudades del mundo y a las fundamentaciones y teorías de respaldo de dicha metodología. [13] [14]

2.3. Desarrollo de las encuestas y toma de muestra

El método de recolección de datos se basó en el desarrollo de una encuesta a completar de forma cualitativa. Dicha encuesta se llevó a cabo con el fin de obtener los datos necesarios para alimentar como futura línea de investigación cada uno de los pasos del método de la Matriz de los Cuatro Pasos descripto anteriormente:

- Facultad
- Turno
- Carrera
- Edad
- Domicilio
- Domicilio laboral (si corresponde)
- Modo en que se transportan para llegar a la facultad
- Tiempo de viaje de ida
- Origen del viaje
- Modo en que se transportan para volver de la facultad
- Tiempo de viaje de vuelta
- Destino de vuelta

Como primera instancia y con fines de la presente investigación, la diversidad de datos obtenidos se analizan y relacionan obteniendo conclusiones de distintos aspectos de la población involucrada en la UNLZ: tipo de carrera; género por carrera; rango etario por carrera; rango etario – grado de avance en la carrera - trabajo; localidad de origen – medio de transporte; localidad de destino – medio de transporte; localidad de origen – medio de transporte – tiempo puerta a puerta; localidad de destino – medio de transporte – tiempo puerta a puerta.

En la presente investigación se ejecutaron las encuestas en el marco de la Facultad de Ingeniería de Universidad Nacional de Lomas de Zamora, pretendiendo ampliar dicho análisis, en futuras líneas de investigación, a las restantes Unidades Académicas de la UNLZ con el apoyo de la Secretaría de Bienestar Estudiantil de la Universidad.

2.4. Georreferenciación

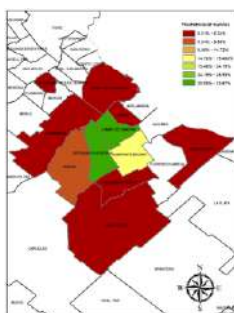


Gráfico 1 - Análisis de la Zona de Influencia Geográfica de la UNLZ. Fuente: Elaboración propia

En primera instancia, al procesar los datos procedentes de las encuestas en referencia al lugar de residencia de los alumnos dentro de un sistema de georreferenciación, obtenemos un mapa que demuestra de forma clara la estrecha relación entre la UNLZ y los partidos que la rodean, sobre todo los periféricos (Lomas de Zamora y Esteban Echeverría).

La Universidad Nacional de Lomas de Zamora cuenta con alumnos de 11 partidos de la Provincia de Buenos Aires, el 73% pertenecen a la zona sur (Lomas de Zamora, Esteban Echeverría, Lanús,

Ezeiza, Almirante Brown, Presidente Perón, San Vicente y Berazategui) y la porción restante provienen de los partidos: La Matanza, Hurlingham y la Ciudad de Buenos Aires.

Tal como se introdujo, la mayor masa de alumnos pertenece a los municipios de Lomas de Zamora y Esteban Echeverría, sumando ambos partidos casi el 60% del alumnado. Dicho porcentaje deja en evidencia la influencia de la Universidad en la zona, contribuyendo al desarrollo de la región.

La ubicación de la UNLZ es estratégica por la cantidad de colectivos que transitan con llegada a los municipios anteriormente nombrados. Respecto a las estaciones de tren, la más cercana es la estación Juan XXIII, del ex - Ferrocarril Roca, en su Ramal Haedo – Temperley. A pesar de ello el número de alumnos de la zona no es el más elevado debido a la oferta académica que se encuentra en el partido de la Matanza. Seguido a ello se encuentra el Ferrocarril Roca, el cual no tiene llegada directa al campus pero por su cercanía en combinación con una línea de colectivo se puede acceder. El mismo da paso a los partidos más cercanos como Lomas de Zamora y Esteban Echeverría, y a los más alejados como Ezeiza, Lanús, Ciudad de Buenos Aires, etc.

Así mismo, la Universidad de forma relativa cuenta con un bajo grado de alumnos alejados a la zona, que debido a la falta de oferta académica de algunos sectores, sobre todo del sur de la provincia, podrían convertirse en potenciales estudiantes de la UNLZ.

Por lo tanto la modelización del transporte y la movilidad diaria es relevante para predecir los tiempos de viaje entre los orígenes/destinos, los niveles de congestión, la dificultad del tránsito, la comodidad, el costo del viaje, etc. Optimizando las variables de estudio se podría mejorar la vida cotidiana de los alumnos y a su vez aumentar el porcentaje de estudiantes ajenos a la zona.

2.5. Análisis de las encuestas

2.5.1 Generalidades

Los datos fueron obtenidos a partir de las encuestas ejecutadas en la FI-UNLZ sobre una muestra de 178 estudiantes. Sobre dicha base se observa una distribución pareja entre las dos carreras dictadas en la casa de estudios, Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica:

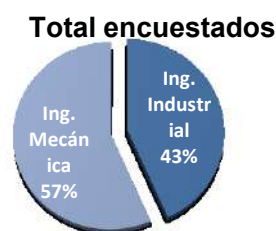


Gráfico 2 – Fuente: *Elaboración propia*

Ambas carreras se han caracterizado a lo largo de su historia y en las distintas universidades del país, por contar con un mayor peso considerable de estudiantes masculinos respecto del total de la masa estudiantil. En el siguiente gráfico observamos cómo el patrón dispar se repite en este estudio a pesar de los avances y crecimiento de la cantidad de mujeres ingresantes y cursantes en la actualidad.

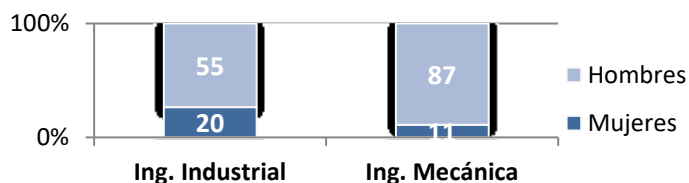


Gráfico 3 – Fuente: *Elaboración propia*

A partir del mismo se puede inferir que de cada 100 estudiantes de Ingeniería sólo 18 son mujeres, acentuándose dicha brecha en la carrera de Ingeniería Mecánica (11 de cada 100). En términos porcentuales obtenemos que, a pesar del incentivo que se dio a las carreras de Ingeniería sobre todo abocado al ingreso de mujeres en los últimos años, sólo el 19% de la masa actual estudiantil está representado por el sexo femenino. Estos resultados se encuentran en sintonía con la media nacional, la cual, según datos de la Secretaría de Políticas Universitarias, el porcentaje de mujeres estudiantes en el ciclo superior de las carreras de ingeniería sólo alcanza un 20%.

A su vez si cruzamos estas variables con la situación laboral obtenemos que la distribución entre géneros es casi de la misma naturaleza:

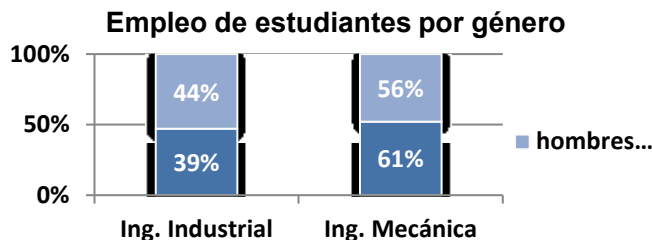


Gráfico 4 – Fuente: *Elaboración propia*

2.5.2 Análisis de la empleabilidad

En términos generales, al procesar los datos de empleabilidad se obtiene que la mitad de los alumnos de la FI-UNLZ poseen empleo.

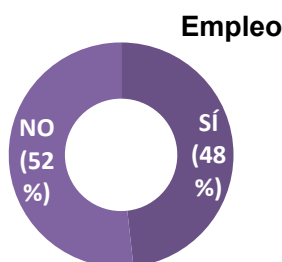


Gráfico 5 – Fuente: *Elaboración propia*

Estos resultados se explican en parte por la gran oferta en puestos de ingeniería latentes en la región de influencia de la UNLZ, por el periodo en el que se encuentran cursando los alumnos encuestados y por el turno al cual asisten.

Respecto al porcentaje de carrera aprobado se obtiene que el 75% de los estudiantes cuentan con el 50% de la carrera aprobada, el 20% con un nivel de aprobación entre el 50% y 75% y el 5% restante se encuentra en el tramo final de la carrera. De aquí se infiere que con el 50% de avance en la carrera los alumnos en su mayor parte pueden insertarse laboralmente.

Así mismo, al contar con gran parte de la carrera dictada en el turno noche y los estudiantes en optando por el mismo en su mayoría, facilita la oportunidad de empleabilidad durante la mañana/tarde.



Gráfico 6 – Fuente: *Elaboración propia*

La región de influencia de la UNLZ se caracteriza por poseer una gran cantidad de industrias, ya sea dentro y fuera de parques industriales. Dentro de las mismas se destaca el Partido de Lomas de Zamora con una zona fabril fuerte entre sus barrios, Esteban Echeverría con industrias dentro de zonas residenciales y un parque industrial en 9 de Abril, Ezeiza contando con su destacado parque industrial en la zona de Canning y Almirante Brown con un gran parque industrial muy cercano geográficamente a la UNLZ. Entre los cuatro partidos anteriormente mencionados emplean casi el 70% del total de la masa laboral estudiantil de la universidad.

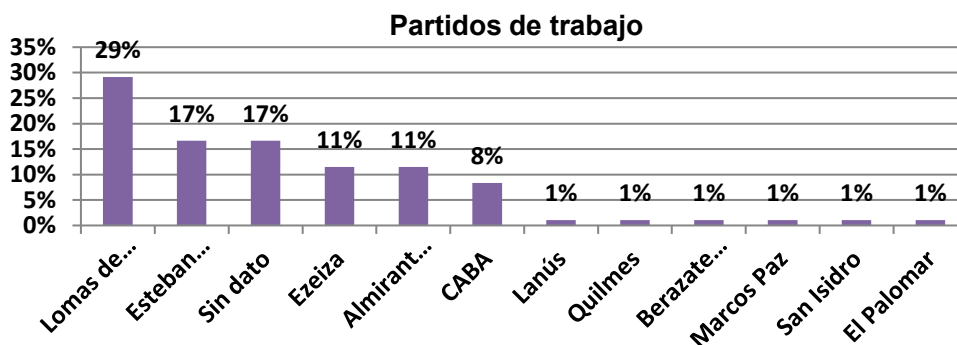


Gráfico 7 – Fuente: *Elaboración propia*

2.5.3 Análisis de la movilidad

Ratificando lo desarrollado anteriormente en el apartado 2.1. “Características de la UNLZ y su región de influencia” y 2.4. “Georreferenciación” notamos que la UNLZ tiene su mayor predominio en la región de Lomas de Zamora, Esteban Echeverría y Almirante Brown, partidos que reúnen un 81% de la masa estudiantil de la universidad.

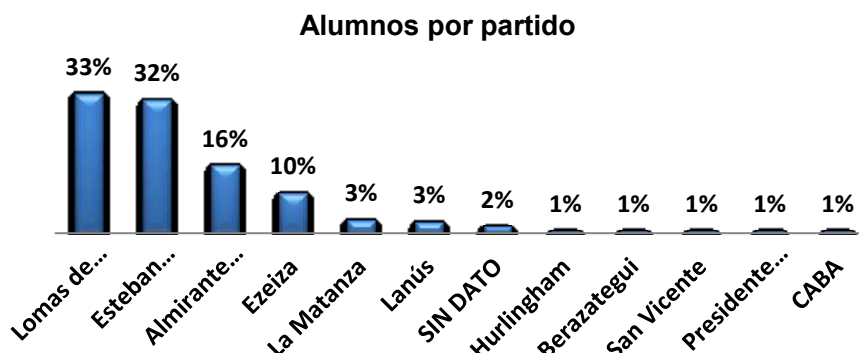


Gráfico 8 – Fuente: Elaboración propia

Si comparamos la empleabilidad de cada partido respecto a los alumnos de la universidad observamos, tal como se detalla en el apartado anterior, que dichos partidos absorben casi el 70% de la masa laboral de estudiantes de la FI-UNLZ, verificando la reciprocidad de la influencia de la universidad en el desarrollo de la región y sus empresas.

Examinando el origen, punto inicial del viaje hacia la casa de estudios, desde el cual parten los estudiantes, se observa un acto particular de la zona:

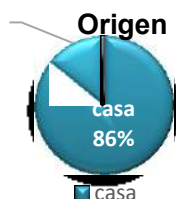


Gráfico 9 – Fuente: Elaboración propia

Más allá de los resultados parejos entorno a la empleabilidad, el 86% de los alumnos provienen de sus casas, y sólo un 14% desde sus lugares de trabajo. Dicho fenómeno se puede explicar con dos características fundamentales del tipo de labor de las carreras de ingeniería:

- 1- El trabajo en fábrica se caracteriza por comenzar en horarios relativamente superiores a los de oficina (entre las 6am y 8am), finalizando en consecuencia la jornada laboral con anterioridad.
- 2- La mayor porción de los alumnos se emplea en la zona.

A partir de estos dos puntos se infiere que los estudiantes pasan en su mayoría por sus hogares antes de viajar hacia su facultad, justificando los valores obtenidos.

En el caso del regreso, como es de considerar, el 95% de los alumnos viajan como destino hacia sus casas.

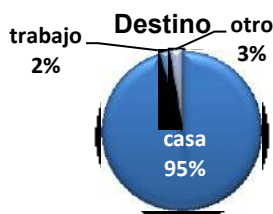


Gráfico 10– Fuente: Elaboración propia

En relación a la variable “Tiempo Relativo de Viaje”, en general la mayor porción de los alumnos se demora entre 30 y 60 minutos, seguido por aquellos que llevan entre 15 y 30 minutos. Estos resultados se relacionan con el “Origen del Viaje”, en donde su mayoría proviene de los partidos más cercanos de influencia de la UNLZ, relativos a su lugar de trabajo o domicilio en el cual viven. Aquellos que se demoran más de 1 hora corresponden a zonas más alejadas del campus pero que siguen siendo de influencia por la universidad al no contar con otras casas de estudio en la

región que dicten las carreras de ingeniería, tal como es el caso de los partidos de Ezeiza y Almirante Brown.

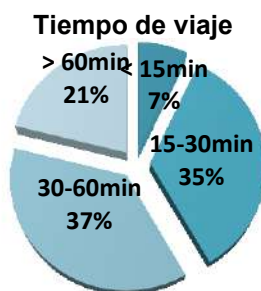


Gráfico 11 – Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico se observa la distribución del tiempo de viaje según el partido de origen, corroborando lo explicitado anteriormente. La mayor masa estudiantil proviene de las zonas más cercanas de la región de influencia cuyo tiempo de viaje varía entre 15 y 60min máximo.

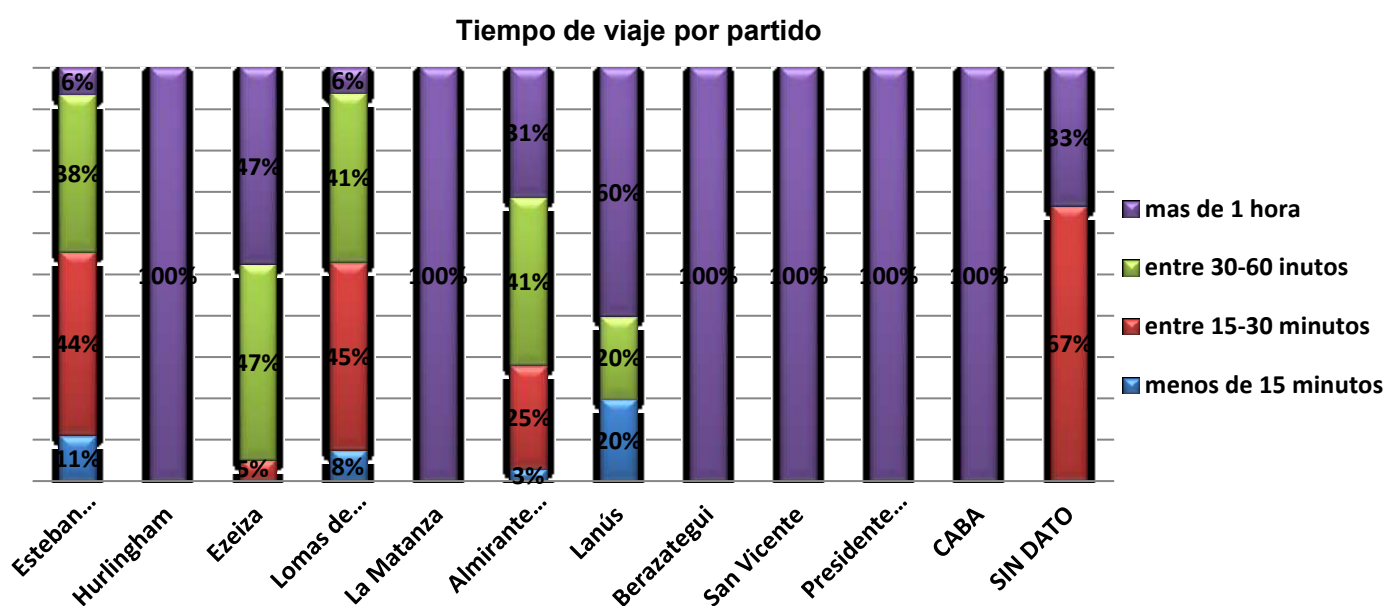


Gráfico 12 – Fuente: Elaboración propia

Al ampliar la visión hacia los partidos de mayor peso, tanto desde el lugar de residencia como desde el empleo, se observa que en las tres zonas más representativas entre el 40-45% de los estudiantes se demora entre 15 y 30 minutos en su viaje.

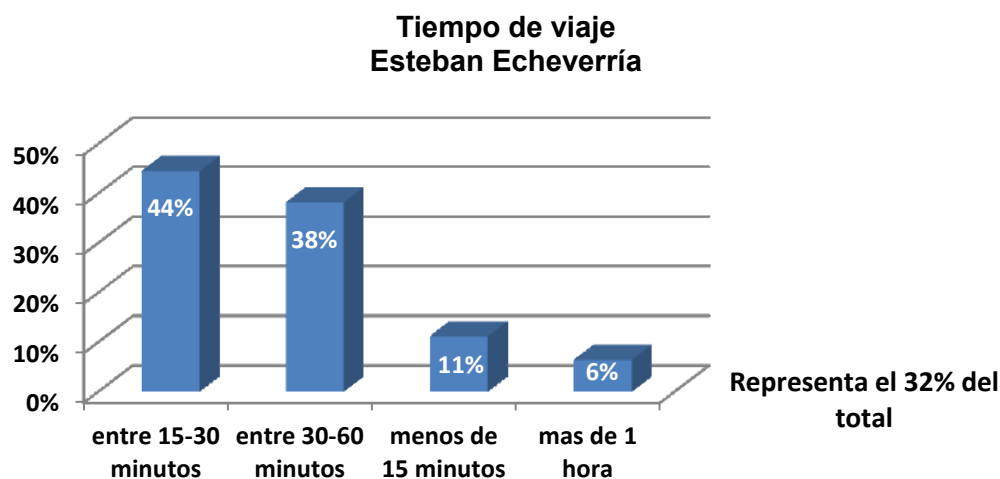


Gráfico 13 – Fuente: Elaboración propia

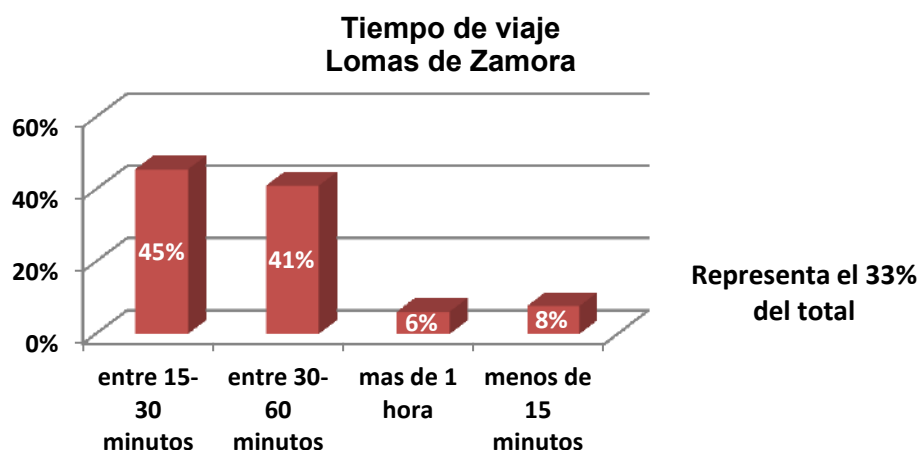


Gráfico 14 – Fuente: Elaboración propia

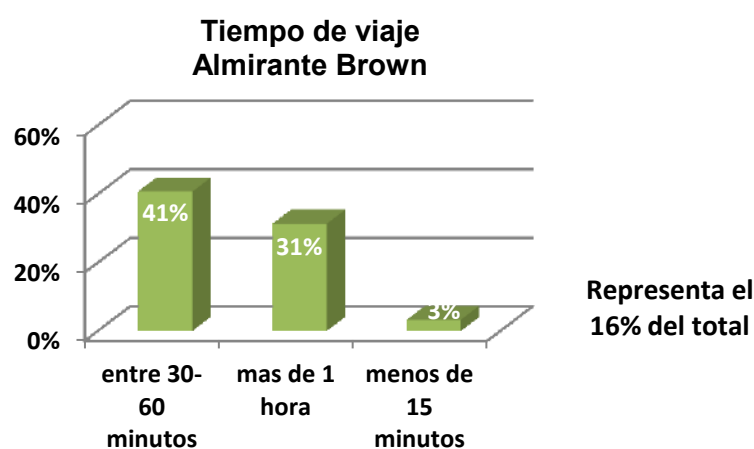


Gráfico 15 – Fuente: Elaboración propia

Finalizando el estudio de movilidad, al analizar la variable modal en los partidos de mayor influencia de la UNLZ, se observa una notable preponderancia del colectivo como medio de transporte elegido respecto de otros modos de viaje, representando entre el 60 y 80 %. Seguido al mismo se encuentra el automóvil entre un 20 y 30%.

Este fenómeno da cuenta de la facilidad en cuanto a movilidad en la zona a través del uso de colectivos, no resultando así para los ferrocarriles a falta de estaciones con llegada directa o relativamente cercana al campus.

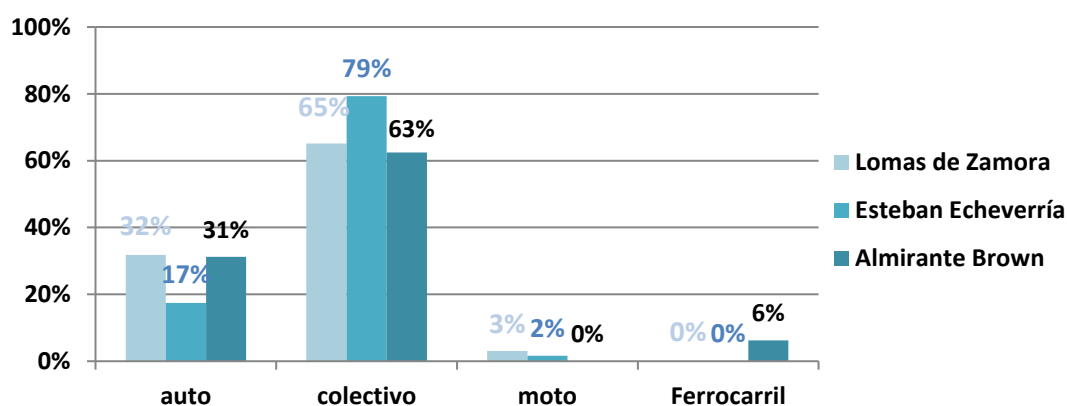


Gráfico 16 – Fuente: Elaboración propia

2.6. Líneas futuras de acción

En base al presente trabajo de investigación se pretende continuar avanzando en el uso de la herramienta “Matriz de los Cuatro Pasos”, alimentando la misma con los datos obtenidos en dicho análisis estadístico.

A partir de las encuestas realizadas al alumnado se consiguió acceder a la información necesaria en los cuatro pasos para la generación de la Matriz: Origen, Destino, Tiempos, Modo de Viaje, Ruta a elegir.

En la última etapa del estudio, se analizarán los resultados obtenidos a partir de la herramienta y se elaborarán las conclusiones pertinentes al problema, diagramando a partir de ellas un Plan de Mejora de la Movilidad de los actores universitarios, proponiendo las soluciones más óptimas a los problemas detectados. Se tendrá en cuenta para dicho plan soluciones tanto al acceso de vehículos privados en el campus como la mejora del nivel de transporte público utilizado por la mayor porción de la población de interés, teniendo en cuenta los aspectos de calidad de transporte definidos por la Norma EN 13816 (*"Fiabilidad, Capacidad, Confianza, Empatía, Elementos Tangibles"* [15]).

Este plan será comunicado a las autoridades de la UNLZ para analizar la factibilidad y viabilidad de implementación del mismo.

3. CONCLUSIONES

A partir de lo expuesto en el presente trabajo de investigación se destacan las siguientes conclusiones:

- La Universidad Nacional de Lomas de Zamora es un promotor principal del desarrollo de su región, principalmente del partido de Lomas de Zamora y Esteban Echeverría, quienes lindan con el campus.
- A pesar del incentivo proporcionado hacia las carreras de ingeniería y los avances de los últimos años, aún sigue siendo bajo el porcentaje de mujeres inscriptas en la misma (20% del total).
- El empleo se encuentra distribuido de forma pareja entre ambos géneros. La mayor parte de los alumnos con el 50% de la carrera avanzada ya comenzaron a trabajar, gracias a la oferta de empleo para carreras de ingeniería e incentivado por el turno de cursada nocturno.
- Casi el 70% de los alumnos se encuentran empleados en las zonas más cercanas al campus con industria en barrios residenciales y presencia de parques industriales: Lomas de Zamora, Esteban Echeverría, Almirante Brown y Ezeiza.

En base a todos estos datos asociados al análisis de movilidad se concluye que más del 80% originan el viaje en sus casas, de dicho porcentaje el 80% pertenecen a Lomas de Zamora, Esteban Echeverría y Almirante Brown (partidos linderos a la UNLZ). El tiempo relativo de viaje es para el 35% del alumnado entre 15-30 min, y para el 37% entre 30-60 min. Estos tiempos se deben a la cercanía del origen de los estudiantes. Aquellos que se encuentran más alejados no poseen medio de transporte de forma directa por lo cual el tiempo de viaje supera los 60min.

El medio de transporte más concurrido y con mayor llegada al campus es el colectivo, por falta de medios alternativos para el viaje.

Con estos datos obtenidos y analizados se procederá en un siguiente paso a esquematizar la Matriz de los Cuatro Pasos y obtener, a partir del estudio de dicha herramienta, recomendaciones para mejorar la movilidad de los actores de la UNLZ.

4. REFERENCIAS

- [1] Anuario de Estadísticas Universitarias - Argentina 2014. Departamento de Información Universitaria de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) del Ministerio de Educación de la Nación.
- [2] Herce Manuel. *Sobre la Movilidad en la Ciudad*. Barcelona: Editorial Reverté (2009)
- [3] Dios Ortuzar, Juan; Willumsen. (2011). *Transport Modelling*. John Wiley&Sons LTD.
- [4] Castillo Enrique, Nogal María, Menéndez José María, Sánchez-Cambronero Santos, y Jiménez Pilar. *A FIFO Rule Consistent Model for the Continuous Dynamic Network Loading Problem*. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. [En línea]. Marzo 2012, vol. 13, n° 1. [Fecha de consulta: 8 de Agosto 2016].
Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6112800/?arnumber=6112800> ISSN: 1558-0016
- [5] Castillo Enrique, Nogal María, Menéndez José María, Sánchez-Cambronero Santos, y Jiménez Pilar. *Stochastic Demand Dynamic Traffic Models Using Generalized Beta-Gaussian Bayesian Networks*. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. [En línea]. Junio 2012, vol. 13, n°2. [Fecha de consulta: 8 de Agosto 2016].

Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6112800/?arnumber=6112800> ISSN: 1558-0016

[6] Dios Ortuzar, Juan; Luis G. Willumsen. (2008). *Modelos de transporte*. Madrid. Publican Ediciones Universidad de Cantabria

[7] Abrahamsson Torgil. Estimation of Origin-Destination Matrices Using Traffic Counts – A Literature Survey. International Institute for Applied Systems Analysis. Interim Report. Laxenburg, Austria (1998)

[8] Barceló Jaume. *Fundamentals of Traffic Simulation*. International Series in Operations Research & Management Science Volumen 145. Londres: Editorial Springer (2010) ISBN 978-1-4419-6141-9

[9] Castillo Enrique. *Traffic Estimation and Optimal Counting Location Without Path Enumeration Using Bayesian Networks*. Department of Civil Engineering, University of Castilla La Mancha, 13071 Ciudad Real, Spain. (2008)

[10] Tebaldi Claudia y West Mike. *Bayesian Inference on Network Traffic Using Link Count Data*. Journal of the American Statistical Association. [En línea]. Junio 1998, vol. 93, n° 442. [Fecha de consulta: 14 de Agosto 2016].
Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/2670105> DOI: 10.2307/2670105

[11] Castillo Enrique, Menéndez José María y Jiménez Pilar. *Trip matrix and path flow reconstruction and estimation based on plate scanning and link observations*. Elsevier. [En línea]. Junio 2008, vol. 42, n°5. [Fecha de consulta: 10 de Agosto 2016].
Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0191261507000975>

[12] TransCAD. (2008). Travel Demand Modeling with TransCAD 5.0 User's Guide. Caliper Corporation.

[13] Castillo Navarro Álex. *Influencia de los parámetros de una vía en la determinación de su capacidad*. Tesis de Grado, Universidad Politécnica de Cataluña, España. (2007)

[14] Muñoz Miguel Juan Pedro, Simón de Blas Clara y Jiménez Barandalla Iciar Carmen. *Estudio empírico sobre la utilización del transporte público en la Comunidad de Madrid como factor clave de movilidad sostenible*. Cuadernos de economía. [En línea]. Enero 2014, vol. 37, n° 104. [Fecha de consulta: 26 de Agosto 2016]. Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-cuadernos-economia-329> ISSN: 0210-0266

[15] Norma Europea. EN 13816: *Sistema de Gestión de la Calidad en el Transporte Público*. España, 2003

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Dr. Ing. Leandro Rodríguez por su colaboración y asistencia en el uso del Sistema GIS.

OPTIMIZACION DE RECURSOS EN UN CIRCUITO DE PRODUCCION INDUSTRIAL MEDIANTE SIMULACION DISCRETA

Andrés Caminos *, Nahuel Romera¹, Verónica Forchino*

Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Santa Cruz (UTN-FRSC)

Inmigrantes 555. Río gallegos. Santa Cruz

() andres.caminos@gmail.com, forchino.veronica@gmail.com*

(1) Universidad del Salvador, Facultad de Ingeniería (USAL-FI)

Lavalle 1854 – CABA

Resumen

En este trabajo se busca optimizar la cantidad de recursos humanos y materiales necesaria para lograr el abastecimiento prometido en los pedidos recibidos de clientes por provisión de cierto tipo de productos, que se producen bajo el concepto "on demand". Se utilizaron los conceptos de simulación discreta y con ayuda de un simulador se buscó determinar la cantidad de personas que se necesitan en un circuito de abastecimiento que comienza con la recepción de pedidos de clientes, el análisis de la situación financiera, la determinación de materias primas para el proceso productivo, la compra de materias primas de resultar necesario, la recepción y control de calidad de la recepción, la planificación de la producción, la programación de carga de máquinas y operaciones necesarias para fabricar el producto solicitado, la programación de las entregas y el cálculo de las demoras ocurridas desde la recepción hasta la entrega con el fin de compararlas con las prometidas por personal de ventas. Esto permite dimensionar la fuerza de trabajo y/o maquinarias necesarias para hacer que esta demora resulte mínima. A través de un análisis de información de campo se ha determinado los tiempos de cada etapa del proceso para un lote de aproximadamente 100 pedidos y se ha determinado una distribución de probabilidades que represente el rango de variación tiempos de proceso para cada etapa y esta información es incorporada al simulador quien la utiliza para programar la ocurrencia de los eventos discretos según la lógica que se le determina a priori y reproduce el proceso. Con el modelo finalizado y validado es posible ensayar numerosas alternativas, luego usando optimización, se encuentra la cantidad de recursos necesaria como también las limitaciones que se observan en función del parque de máquinas disponibles, y la propuesta de mejoras a implementarse para reducir las demoras de entregas.

Palabras Clave: Simulación, Discreta, Recursos, Optimización, Abastecimiento, Logística, Circuito

Abstract

This paper seeks to optimize the amount of human and material resources needed to achieve the promised supply of orders received from customers for the provision of certain types of products, which are produced under the concept of "on demand". We used the concepts of discrete simulation and with the help of a simulator we sought to determine the number of people needed in a supply circuit that begins with the receipt of customer orders, analysis of the financial situation, determination of raw materials for the production process, the purchase of raw materials if necessary, reception and quality control of the reception, production planning, scheduling of loading machines and operations required to manufacture the requested product, programming of deliveries and the calculation of delays from receipt to delivery in order to compare them with those promised by sales personnel. This allows to size the work force and / or machinery necessary to make this delay is minimal. Through a field information analysis the times of each stage of the process have been determined for a batch of approximately 100 orders and a probability distribution representing the range of variation of process times for each stage has been determined and this information is incorporated to the simulator who uses it to program the occurrence of discrete events according to the logic that is determined a priori and reproduces the process. With the finalized and validated model it is possible to test many alternatives, then using optimization, the necessary amount of resources is found as well as the limitations that are observed as a function of the available machine park, and the proposal of improvements to be implemented to reduce the delays of deliveries.

Keywords: Simulation, Discrete, Resources, Optimization, Supply-Chain, Logistics, Circuit

1. Introducción

Los procesos de abastecimiento logístico dentro de una empresa de producción, involucran numerosos pasos desde la recepción de pedidos por algún medio (mail, fax, teléfono, vendedores) hasta la recepción por parte del cliente de los productos requeridos, con la calidad esperada y dentro de los tiempos prometidos.

Los vaivenes económicos de muchas empresas pymes, con variaciones de costos de producción no siempre trasladables a precios, moviéndose en entornos inflacionarios, hacen que lo urgente debe primar siempre sobre lo importante, de esta manera se trabaja mucho sobre las consecuencias de las ineficiencias e ineficacias en vez de planificar como mejorar los procesos que forman la razón de ser de las empresas.

Mediante este trabajo se colaboró con una empresa fabricante de productos industriales de naturaleza metalmecánica, con procesos de fabricación seriada bajo estándares de calidad certificados que integran otros productos en una cadena mayor de ensamblaje; a resolver un problema de abastecimiento logístico interno con ayuda de la simulación que permite ensayar muchas configuraciones a muy bajo costo sin modificar lo existente.

Como se mencionó anteriormente, los problemas a resolver diariamente referentes a cumplimientos de plazos de entrega, no dan lugar a ensayar nuevas configuraciones de su proceso productivo que aproveche mejor sus recursos humanos y materiales no pudiendo comprender como, teniendo capacidad ociosa de producción y recursos necesarios, no se pueda cumplir los plazos de entrega prometidos. Las razones son muchas, pero muchas veces limitaciones financieras restringen el capital operativo, tal vez ahorrando a largo plazo, pero causando problemas en la cadena de suministros a corto plazo.

La empresa analizada trabaja con el concepto de “producir lo que se pide” (on demand) y abandonó hace tiempo una buena política de administración eficiente de inventarios por considerar que estaba muy expuesto el capital inmovilizado a posibles variaciones de precios de recompras y por ello había adoptado la política de comprar lo necesario para cada producción (lote).

El trabajo de Calderón y Lario [11] brindan una excelente recopilación de trabajos de simulación en el área de procesos logísticos desde el año 2000 hasta fines de 2016 y en su trabajo, los autores destacan que, de más de 70 trabajos publicados, destacan 40 como los más relevantes para entender la importancia que está adquiriendo la simulación tanto en los procesos de logística interna como externa. En nuestro caso, hemos publicado tres trabajos anteriores en congresos de COINI 2014 a 2016 [12-14] sobre la temática de simulación de procesos logísticos, usando bases de simulación dinámica y probabilística.

Más reciente el autor Puche Forte, director del CETEM (Centro Tecnológico del Mueble y la Madera de la Región de Murcia, España) [15], resume los pasos que deben ser tenidos en cuenta cuando se pretende simular procesos de abastecimiento logístico tanto internos como externos.

Remitimos a los lectores de este trabajo consultar las referencias mencionadas a fin de no repetir textos analizados y no extender la longitud de nuestro trabajo.

2. Descripción del Problema

Se analizó el proceso de cumplimentar o completar una nota de pedido generada por un cliente solicitando un determinado producto, en determinada cantidad y calidad, para ser entregado en su domicilio. Generalmente, el cliente es una PYME de producción que usa estos productos como materia prima de sus procesos y los necesita a partir de una fecha prometida como entrega por el departamento de ventas de la empresa objeto de nuestro análisis.

Los pedidos son recibidos por línea telefónica, por correo electrónico, por fax y por visitas de la fuerza de ventas a los clientes de la empresa.

Los pedidos recibidos por la empresa, independientemente de su origen deben seguir un proceso de logística interna tendiente a su provisión. Los procesos se secuencian y conectan unos con otros facilitando de esta manera un proceso general de provisión de bienes sobre la política “on demand”. El trámite que cada pedido recibe se puede *simplificar en los siguientes procesos*:

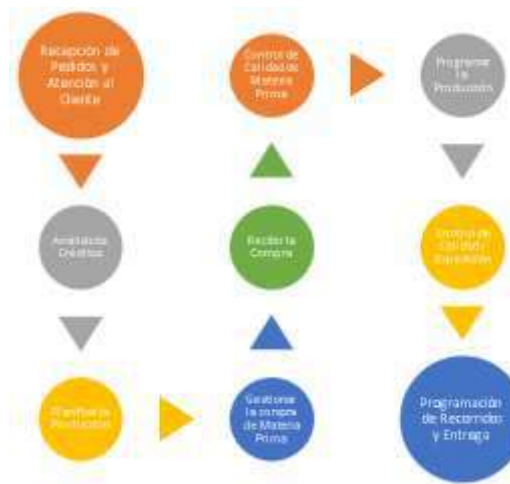


Figura 1. Resumen del Proceso de Gestión de Pedidos [7]

2.1 Proceso 1: Atención Al Cliente (AC)

Los pedidos recibidos son registrados en el sistema informático de la empresa por medio de dos personas de ventas que se encargan de verificar que la información este completa, el producto se corresponda, la fecha de entrega esté informada, el precio y/o descuentos esté bien calculado, etc., y, en caso de alguna diferencia, se encarga de llamar al cliente para confirmar y/o corregir los datos recibidos en el pedido o ajustar valores mal informados. La *figura 2*, muestra el proceso actual, representado en el simulador Simul8[1], que se usó para simular todo el proceso. Los pedidos analizados en este sector son enviados al sector Gestión de Créditos y son puestos a disposición según una metodología FIFO o en algunos casos con alguna política de prioridad y/o preferencias dependientes de su volumen o importe de compras.

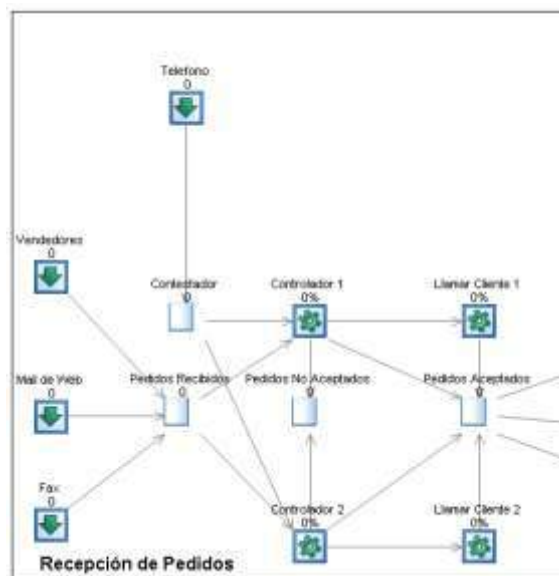


Figura 2. Proceso de Atención al Cliente

2.2 Proceso 2: Gestión de Créditos (GC)

En este sector los pedidos pre-aprobados por AC son analizados por tres (3) empleados quienes se encargan de analizar los créditos pendientes de pago y los saldos disponibles para nuevas compras. En caso que los clientes posean mora en sus pagos o no alcanzan a cubrir con su saldo de crédito disponible la nueva compra, todo el pedido es rechazado, para lo cual se informa al cliente los motivos de su rechazo.

Los pedidos aprobados son impresos en tres copias, una la retiene el sector, otra se envía a Planificación de la Producción (PLP) y la tercera copia se envía a Expedición (EXP) para que cuando reciba la Orden de Producción terminada, pueda preparar la entrega y emitir el remito correspondiente. La *figura 3* siguiente muestra el funcionamiento de este sector en el simulador utilizado.

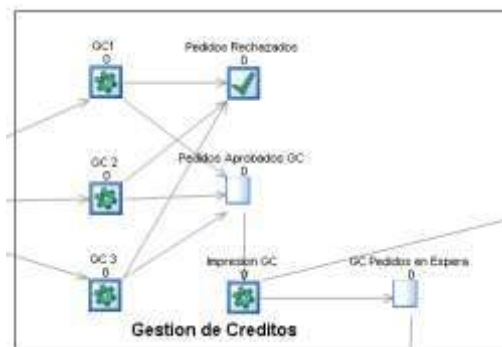


Figura 3. Atención y Gestión de Créditos

La empresa, una vez recibido el pedido firmado de conformidad por el cliente, emitirá la factura y la enviará por medio electrónico. Este proceso no se analiza en este trabajo por cuanto es más de gestión administrativa que de producción.

2.3 Proceso 3. Planificación de la Producción (PLP)

Este sector se encarga de planificar la producción, es decir, pronosticar cuando corresponderá el tiempo de tratamiento para dar lugar a la fabricación del lote de productos pedidos. Los pedidos son recibidos con la metodología FIFO y se analiza previamente si se dispone de la cantidad de materia prima necesaria para fabricar el lote requerido. En caso de no disponer de materia prima, se emite una Orden de Compras al sector de Compras para que procure su obtención.

Según información estadística de la empresa, el 50% de las veces no se dispone de la materia prima para realizar la producción. En estos casos, el pedido es puesto en “suspense” hasta la llegada del aviso del sector de Recepción (REC) que el material ha sido comprado, controlado y está disponible en inventarios. El 50% de las veces se cuenta con cantidad de inventario de materias primas suficientes para realizar la producción, en este caso se emite un aviso al sector de Manufactura (MNF) para que emita la Orden de Producción correspondiente. La *figura 4* muestra el funcionamiento del sector Planificación (PLP) en el simulador.

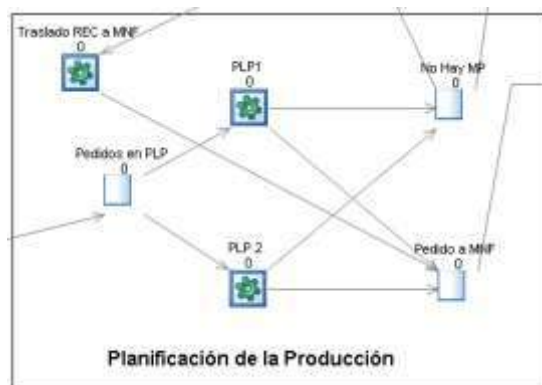


Figura 4. Sector de Planificación de la Producción

2.4 Proceso 4. Gestión de Compras (COM) y Recepción (REC)

El pedido de compra recibido del sector de Planificación de la Producción (PLP), es analizado por dos compradores quienes deciden comprar el lote necesario y no analizan la manera más conveniente de comprar (aprovechando descuentos por cantidad, EOQ, etc.). Emiten la Orden de Compra al proveedor de materias primas quien basado en sus propios sistemas de producción informa la probable fecha de entrega. La empresa analizada tiene por política no emitir más de 5 órdenes de compra simultáneas, siendo ésta tal vez una de las limitantes del proceso de obtención. Las órdenes en proceso se mantienen asociadas a los pedidos de PLP que a su vez están asociados al pedido original del cliente. Esta restricción está fundamentada en parte por un descalce financiero

entre ingresos y egresos que le dificulta contar con capital operativo mayor para afrontar mayores pagos a proveedores.

Una vez cumplidos los tiempos de entrega, el proveedor externo entrega los materiales al sector de Recepción (REC) quien controla que todo coincida con lo requerido y también en este sector de realiza en control de calidad de lo recibido. Son muy pocos los lotes recibidos que no pasan el control de calidad en recepción (menores al 1% ordenes emitidas) y de producirse se rechaza todo el lote recibido, reiniciando el proceso de compra. Dado que tanto los clientes, la empresa analizada y los proveedores poseen sistemas de gestión de calidad certificados, existe mucha confianza que los productos entregados cumplen los protocolos de calidad requeridos. Una vez aprobado el lote en recepción, se carga la información en inventarios y se compromete el material comprado (o parte de él) para resolver el pedido del cliente que origino la compra. Finalmente, se envía un aviso al sector PLP para que continúe con el proceso de producción. La figura 5 muestra en el simulador el comportamiento de estos dos sectores.

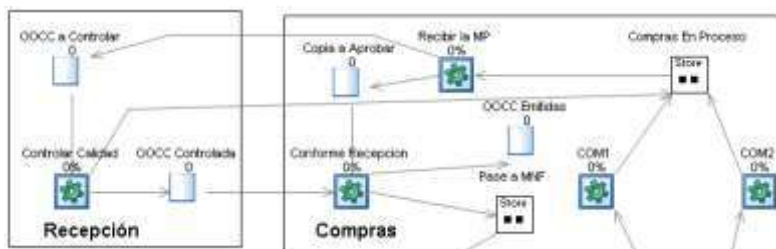


Figura 5. Sectores de Gestión de Compras y Recepción

2.5 Proceso 5. Manufactura y Producción (MNF)

Una vez comprobados que las materias primas están disponibles y reservadas, se emite la Orden de Producción que se asocia al pedido. En ella se determina cómo y dónde se va a fabricar lo requerido. La empresa cuenta con cinco (5) líneas de producción. Como se dijo anteriormente, los procesos certificados, le permiten reducir al mínimo los problemas de calidad de la empresa. Los controles indican que menos de 1% de los lotes fabricados tienen algún problema de calidad que se puede corregir sin rehacer nuevamente el proceso. Las órdenes de producción finalizadas son cerradas, se descuenta el inventario utilizado y se envía un aviso a Expedición (EXP) para que facilite su entrega. El material se envía al depósito de productos terminados. La figura 6 muestra el funcionamiento de este sector en el simulador. La demora en producir depende de la cantidad solicitada y se estima en una hora por cada 1000 unidades solicitadas.

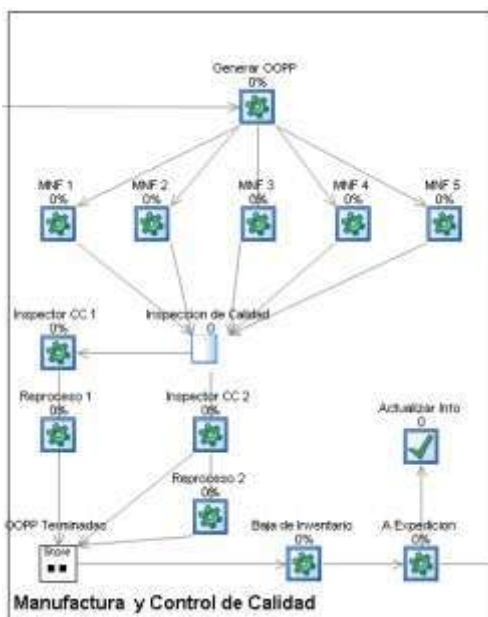


Figura 6. Sector de Manufactura (MNF)

2.7 Proceso 7. Expedición y Entregas (EXP)

En este sector se recupera el material terminado, la copia del pedido del cliente aprobado por Gestión de Créditos, y la orden de producción cerrada, se junta y controla todo este material y se

planifica la entrega al cliente para lo cual dependiendo de volúmenes a entregar muchas veces se necesita consolidar la carga de varios pedidos para facilitar el aprovechamiento de los recursos.

Se cuenta con una sola unidad mediana, del tipo VAN para repartos y entregas. También en este sector se confecciona el remito de entrega. Una vez consolidada la carga, se planifica el recorrido y se lleva los productos al domicilio indicado en el pedido del cliente, se realiza la entrega y se le hace firmar el remito de conformidad. En el momento que el cliente acepta el material requerido, se registra la hora y fecha de entrega para que el camión, al regresar a la empresa, el personal de Expedición cierre el pedido del cliente y actualice las estadísticas de tiempos de residencia del mismo dentro de la empresa. La *figura 7* muestra este sector en el simulador.



Figura 8. Sector de Expedición y Entrega a Clientes

Todo el proceso comentado precedentemente se ha construido sobre un simulador de eventos discretos, Simul8[1], que es lo suficientemente flexible para determinar mediante técnicas de optimización incluidas en el producto (Optquest), la cantidad de recursos necesarios para reducir al mínimo el uso de recursos humanos y materiales necesarios con los cuales debe operar el sistema para lograr los objetivos de calidad (satisfacción de pedidos, nivel de servicios y tiempos de entrega) planteados por la empresa. En la siguiente sección se enuncian los parámetros sobre los cuales se armó el modelo.

3. Construcción del Modelo de Simulación

La empresa recibe aproximadamente 3000 pedidos por año y nos permitieron analizar la información de un centenar (100) de pedidos con información detallada de productos, cantidades y tiempos de proceso. Estos datos fueron aleatorizados mediante procesos de Bondad de Ajuste [5] para que puedan ser incorporados al modelo de simulación mediante una distribución de probabilidad que describe su comportamiento. Del proceso de ajuste se determinó un comportamiento discreto ajustable a una distribución de Poisson [6] con un promedio de 1 pedido cada tres horas, independientemente del origen como comentamos más arriba.

Las cantidades solicitadas en cada pedido resultan ser múltiplos enteros de 1000 unidades del mismo producto (igual a $n \cdot 1000$ donde n puede valer de manera aleatoria y discreta entre 1 y 5).

El origen de los pedidos es: 50% son recibidos por teléfono en horario comercial, 30% son relevados por vendedores que llegan al lugar del cliente, 15% son recibidos por un formulario mediante página web de la empresa y que se envía por mail, y 5% son recibidos por fax. Fuera de estos horarios se reciben pedidos únicamente por contestador automático y por mail que serán analizados al siguiente día hábil. La empresa trabaja de lunes a viernes en dos turnos de 8 horas cada uno, comenzando a las 06:00 de la mañana hasta las 22:00 horas, permanece abierta 250 días al año y éste será el tiempo de simulación de nuestro modelo. En la situación actual relevada, los tiempos y características del proceso que el pedido debe seguir en cada uno de los sectores se resumen a continuación:

SECTOR RECEPCION DE PEDIDOS (PED)

1. Los pedidos recibidos en la empresa son atendidos por dos personas que demoran 15 ± 10 minutos SDU [6] (según distribución uniforme continua) en controlarlo, registrarlo como pedido pendiente en el sistema informático y comenzar el circuito de su provisión.
2. El 40% de los pedidos, viene mal identificado por parte del cliente y necesitan llamarlo para comprobar los datos del cliente, plazo de entrega, el producto y condiciones de venta. Se demora 10 ± 5 minutos SDU adicionales para este trámite.

3. Aproximadamente el 10% de los pedidos recibidos son rechazados en este sector debido a que la cuenta del cliente está bloqueada por mora o exceso de crédito. Se informa al cliente de esta situación.
4. El pedido que pasa este trámite introductorio se envía al departamento de Gestión del Crédito (GC).

SECTOR DE GESTION DE CREDITOS (GC)

1. El sector es atendido por tres personas que demoran 15±10 minutos SDU en controlar el pedido, verificar el crédito disponible, del cual resulta que aproximadamente el 30% de los pedidos son rechazados por morosidad en el pago de facturas correspondientes a pedidos anteriores, o excederse en el crédito otorgado con la nueva compra. Los pedidos rechazados son eliminados del sistema previo recuento de su cantidad, considerando finalizado el trámite.
2. Los pedidos aprobados son impresos en tres copias y una copia es enviada al sector de Planificación de la Producción (PLP), la otra copia es enviada al sector Expedición quien deberá esperar el conforme de manufactura y disponga su entrega. La última copia es retenida en el sector.

SECTOR DE PLANIFICACION DE LA PRODUCCION (PLP)

1. Revisa el pedido recibido de Gestión de Créditos (GC) y la existencia de materia prima. El pedido es atendido por dos personas que demoran 2 horas en promedio según distribución exponencial, en armar la planificación y determinar la fecha de producción y entrega.
2. El 50% de las veces no se tiene materia prima suficiente y se emite un requerimiento de provisión al sector de Compras (COM) y espera el tiempo necesario para su obtención. Si no existe materia prima, el pedido queda retenido en este sector hasta su obtención.
3. Si tiene stock de materias primas, o cuando recibe la provisión de la compra, emite una orden de producción al sector de Manufactura (MNF) con el detalle del trabajo. La confección de la Orden de Producción (OO. PP), demora 15±10 minutos SDU.

SECTOR DE MANUFACTURA (MNF)

1. El sector de Manufactura (MNF), una vez recibida la materia prima, y la orden de trabajo, produce el lote para satisfacer el pedido del cliente. Se demora en promedio 30 minutos en el setup de la línea, más el tiempo de producción calculado como 1 hora por cada 1000 unidades requeridas, seguido de un tiempo de descarga y descanso térmico del lote, estimado en 30 minutos promedio. Cada línea procesa un pedido o lote por vez.
2. El Sector de Manufactura (MNF) solo tiene capacidad para procesar 5 Ordenes de Producción en paralelo. Si se reciben más serán registradas en una cola de espera y procesadas de acuerdo al orden de llegada. Cada línea procesa un pedido o lote por vez.
3. El proceso de control de calidad de lo producido es gestionado por dos técnicos que inspeccionan cada lote producido, con un tiempo promedio de 10 minutos por lote. Aproximadamente 1% de los lotes tiene alguna observación que puede resolverse por otros operarios sin necesitar pasar nuevamente por la línea de producción. Este reproceso ocasiona una demora adicional de 10 minutos promedio por lote.
4. El Departamento de Manufactura (MNF), también registra las bajas de inventario de materias primas, demorando 15±10 minutos SDU en su registro. Luego considera la orden de trabajo cumplida, informando a Planificación de la Producción (PLP) sobre este hecho.
5. Los productos terminados son cargados en una grúa Clark del sector (hay solo una disponible) y llevados al depósito del Sector de Expedición (EXP), donde los deja y regresa vacío o con la materia prima recibida en el Sector de Recepción (REC) que esta contiguo. El viaje de ida y vuelta, más el dejar y/o tomar la carga se estima en 15±10 minutos SDU.

SECTOR DE COMPRAS (COM)

1. Al recibir un requerimiento de compra de materia prima del sector de Planificación de la Producción (PLP), verifica que no existan más de 5 órdenes de compra pendientes, en caso que estén en trámite esta cantidad, la nueva orden de compra debe esperar a la finalización de alguna de ellas.
2. Cada nuevo pedido de compra es atendido por uno de los dos empleados del sector y se demora 30±10 minutos SDU en su generación, aprobación de la gerencia y el contacto con el proveedor.

3. El proveedor tiene un tiempo de entrega de 2 ± 1 días hábiles SDU desde el momento de recibida la orden de compra. Una vez transcurrido este plazo, entrega la mercadería junto al remito correspondiente en el sector Recepción (REC) de la empresa, quien controla que la documentación esté correcta, y firma de conformidad el remito del proveedor. Esta tarea es realizada por un solo operario que demora 15 ± 5 minutos SDU en esta operación.
4. El sector de Compras, cierra la orden de compra contra la recepción conforme del remito del proveedor, registra esta alta de inventarios en la computadora, en un tiempo de 10 ± 5 minutos SDU y emite una notificación de Planeamiento de la Producción (PLP) que la materia prima está disponible para el pedido del cliente demorado.

SECTOR DE RECEPCION (REC)

1. Recepción (REC) solicita la grúa (la misma que utiliza Manufactura y Expedición) para enviar la materia prima hacia el sector inventarios próximos a Manufactura (MNF). Este tiempo se estima en 15 ± 10 minutos SDU y regresa vacío o con material para Expedición de resultar necesario.
2. Una vez completada la recepción, con el informe correspondiente, se emite una notificación a Compras (COM) que la recepción de materias primas es correcta y se le envía la documentación correspondiente (remito de compra + informe de recepción) a Proveedores.

SECTOR DE EXPEDICION (EXP)

1. Una vez que se ha recibido la documentación de Gestión de Crédito (Pedido), la notificación de Planificación de la Producción sobre la disponibilidad de los productos terminados, junta toda esta documentación, emite el remito y se prepara para hacer la entrega.
2. El sector es atendido por una sola persona que demora 15 ± 10 minutos SDU en controlar y preparar el envío.
3. El envío se realiza con el único vehículo de la empresa, que, para aprovechar el espacio disponible en el mismo, se espera hasta juntar cinco pedidos en un proceso que se llama "consolidación de carga".
4. El tiempo que demora cargar y acomodar cada pedido se estima en 20 ± 10 SDU minutos. El vehículo se carga a primera orden de cada mañana.
5. Una vez juntados esta cantidad, el vehículo y el fletero inician el reparto, lo que le insume al fletero 8 ± 4 horas SDU. Este tiempo considera el viaje de ida y vuelta.
6. Una vez cumplidos este tiempo, regresa a la base para comenzar nuevamente el día siguiente, entregando la documentación de conformidad recibido por el cliente y/o las devoluciones que por algún motivo se produjeron, roturas y/o errores en el envío. Considere que el pedido del cliente se considera entregado en la mitad del tiempo del reparto.
7. El reparto solo se puede hacer una sola vez al día, debido a que los clientes solo aceptan recibir su pedido en horarios de 09:00 a 19:00.

El sector de Atención de Pedidos, Gestión de Créditos, Planificación de la Producción, Compras, Recepción y Expedición, trabajan ocho (8) horas diarias entre las 09:00 y 18:00 horas de lunes a viernes. El sector de Manufactura es el único que trabaja en dos turnos de 8 horas cada uno entre las 06:00 y 22:00 horas, siempre de lunes a viernes. Todo pedido que llega fuera de este horario, debe esperar hasta el próximo día hábil.

Sobre la base de esta información de campo y al flujo del proceso, se construyó un modelo usando Simul8[1], y con él hemos realizado algunos ajustes hasta que reproduzca la realidad de la situación actual de la empresa dentro de un margen de error aceptable (5%).

Con el modelo hemos simulado 1 año de operación y determinado algunos indicadores tales como:

- a) Tiempo de Residencia de cada pedido en la empresa y por sectores
- b) Nivel de servicio prestado, como relación entre cantidad de productos recibidos / cantidad de productos entregados y también como la relación entre pedidos recibidos / pedidos cumplidos en el año simulado
- c) Demoras en los tiempos de entrega prometidos como entrega al momento de relevar el pedido por parte de vendedores o personal de atención al cliente de la empresa.

4. Construcción del Modelo de Simulación

El modelo construido en su mayor nivel de abstracción se resume en la *figura 9* siguiente, donde cada icono es un subproceso que detalladamente fue explicado en el sector “descripción del problema”



Figura 9. Modelo de Simulación resumido

La situación actual, corrida en el simulador, nos revela la siguiente situación:

- 1) Durante el tiempo simulado de 1 año de días hábiles, el principal problema detectado se encuentra en la cantidad de órdenes de compras que se permiten mantener activas, actualmente en cinco. Esta limitación subutiliza los recursos disponibles donde 1/4 de los pedidos permanecen esperando las materias primas para poder fabricar los productos requeridos.

Con esta limitación, los operarios administrativos, tienen una ocupación demasiado baja, del orden de 5% de su tiempo, excepto en los operarios de planificación de la producción (PLP) que tienen una ocupación del orden de 50%. Las líneas de producción tienen una ocupación promedio del 30%. La *figura 10* refleja estos números.

Control de Pedidos	
Pedidos Recibidos	2963
Pedidos No Aceptados	301
Pedidos Rechazados	237
Pedidos Aceptados para Producción	2424
Pedidos sin Materia Prima	741
Pedidos en Gestión de Compras	13
Pedidos Terminados	1671
(%) Pedidos Terminados	68.94

Control de Pedidos % Ocupación	
Controlador 1	7.38
Controlador 2	7.38

Control de Compras % Ocupación	
Comprador COM1	3.04
Comprador COM2	1.66

Gestión de Créditos % Ocupación	
Controlador GC1	4.35
Controlador GC2	4.41
Controlador GC3	4.35

Planificar la Producción % Ocupación	
Planificador 1	47.96
Planificador 2	48.65

Línea de Producción % Ocupación	
Línea 1	25.59
Línea 2	27.06
Línea 3	26.36
Línea 4	24.06
Línea 5	27.3

Variables	
Variables	Valores
Demanda Solicitada	7168000
Demanda Cumplida	4948000
Nivel de Servicio (%)	68.84

Figura 10. Situación actual del proceso productivo

Podemos observar que cerca del 69% de los pedidos recibidos en el año simulado son terminados por el área de manufactura. De este total de terminados (1671), se han entregado al cliente 1670 pedidos (99.9%). La demanda satisfecha en el periodo del año simulado está en el orden de 69%.

Por otra parte, el tiempo promedio de terminación de las órdenes de producción asociadas a pedidos es de 26731 minutos (equivalentes a 28 días hábiles de 16 horas cada día). Lo curioso aquí es que 75% de los pedidos recibidos pueden ser finalizados en 10 días hábiles (9600 minutos). La *figura 11* siguiente muestra la distribución de tiempos que incluyen desde la recepción del pedido hasta la finalización de la orden de producción.

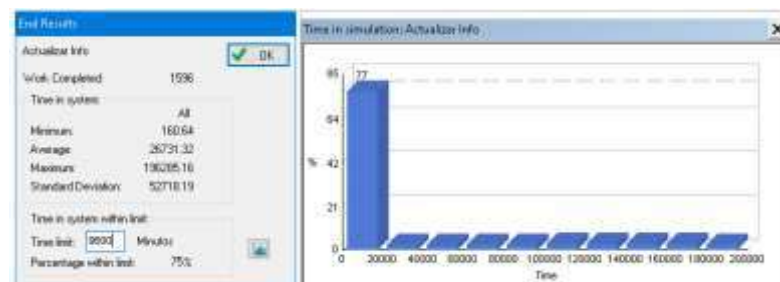


Figura 11. Tiempo total de residencia del pedido hasta su fin de producción

- 2) Al cliente le llegan en promedio 50000 minutos más tarde, equivalentes a 25 días, por lo tanto, el promedio de tiempo de entrega desde que el cliente genera su pedido, hasta que lo recibe en sus instalaciones está en el orden de 53 días promedio. Esto último demuestra una ineficacia por parte del sector de repartos y entrega. La empresa está actualmente ofreciendo 30 días

corridos (22 días hábiles) como promedio de tiempos de entrega. Esto representa solo 23% de los pedidos entregados dentro de este plazo. La *figura 12*, muestra el resumen de tiempos de entrega en el cliente, reflejando la duración del pedido dentro de la empresa.



Figura 12. Tiempo total de provisión en el cliente en la situación actual en minutos

- 3) Otra limitación detectada en el sector de expedición y reparto y es la cantidad de pedidos que deben ser consolidados, cinco (5) para ser entregados usando un vehículo pequeño (camioneta tipo van) disponible por parte de la empresa. Esto crea la limitación de tiempos de entrega al cliente desde la puesta a disponibilidad por parte del sector de manufactura.

Resumiendo, la cantidad de órdenes de compras en proceso y la falta de capacidad de transportes detectados en el sector de expedición y repartos, constituyen las principales fuentes de problema, por las cuales la empresa no puede conseguir sus cumplimientos de entrega.

En consecuencia, el proceso se puede optimizar haciendo alguna de las sugerencias siguientes:

1. Aumentar la capacidad de órdenes de compra simultáneas por ejemplo a 20. Seguramente implicará mayor carga administrativa y contable, pero se detecta capacidad ociosa en los dos compradores y operarios de gestión de créditos.
2. Cambiar la unidad de reparto de una camioneta a un camión propio de mayor porte con capacidad de consolidar al menos 10 pedidos o tercerizar esta tarea a empresas logísticas que se dedican al ruteo y entrega de mercaderías de manera más eficiente, trasladando el costo del reparto al cliente.
3. Incorporar un análisis de inventarios para cambiar el concepto de trabajar “on demand” a un esquema de inventario administrado de materias primas que reduzca la compra de 50% de las ordenes de producción por falta de mercaderías en el sistema actual, a un promedio de 30% o 25%, o aún más ambicioso, contar con inventario de materia prima suficiente para cubrir 95% o 98% de la demanda del sector de planificación y manufactura. Esto también dependerá de razones financieras.
4. Reducir la cantidad de empleados afectados a recepción de pedidos, (actualmente de 2), a uno (1), por cuanto se detecta bajo tiempo de ocupación.
5. Reducir la cantidad de empleados afectados a control de gestión de créditos disponibles (actualmente de 3) a uno (1), porque también se detecta bajo tiempo de ocupación.
6. Considerar con los clientes que, a manera de reducir los tiempos de entrega, cuando el pedido está terminado y en depósito, esta “disponible” para ser retirado por parte de clientes o esperar su turno en el reparto y recorrido que se deba programar. Si el cliente retira del depósito de la empresa, seguramente su tiempo de demora se verá muy reducido.

En el sistema real, probar cada una de estas alternativas resulta inviable, por cuanto hacer un cambio y mantenerlo sugiere esperar un tiempo razonable de al menos 3 meses para tener un resultado esperado de mejora o desmejora de la situación actual. Sin embargo, en un simulador, se pueden probar tantas configuraciones como queramos y en especial, todas las opciones anteriores menos la de tercerizar las entregas.

5. Ajustes al Modelo

Hemos analizado diferentes configuraciones, manteniendo la misma infraestructura de equipos de procesos instaladas, pero agregando o quitando recursos humanos para todos los tiempos de proceso que involucran algún paso administrativo y en base al uso del optimizador Optquest [2] de Simul8[1], encontramos que la siguiente configuración de recursos da la mejor solución operativa.

- a) Al liberar la restricción de órdenes de compra simultánea, se consigue mejorar el tiempo promedio de producción.

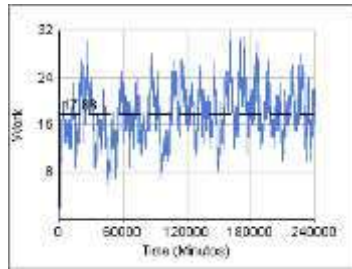


Figura 13. Distribucion de Ordenes de Compras en proceso de obtencion. Promedio 17 OO.CC

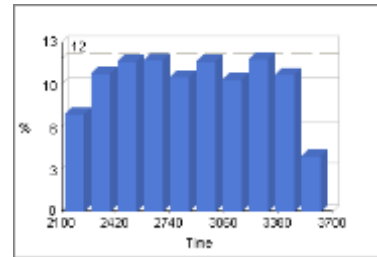


Figura 14. Distribucion de tiempos de entrega de Ordenes de Compra

- b) La cantidad de órdenes de producción sin materias primas, aun manteniendo la proporción original de 70% de órdenes sin materia prima, se reduce al igual que la cantidad de órdenes en proceso de manufactura, sea que estas tengan o no tengan materia prima para su procesamiento.

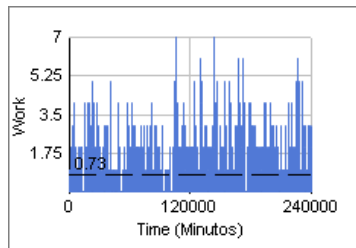


Figura 15. Cantidad de Ordenes de Produccion sin Materias Primas. Promedio <1

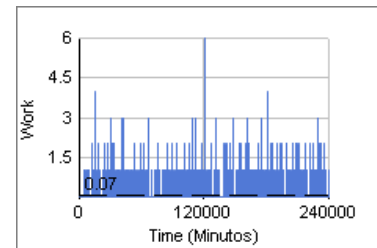


Figura 16. Cantidad de Ordenes de Producción en proceso de manufactura. Promedio <1

- c) El tiempo que media entre la recepción del pedido y la finalización luego del cierre de la orden de producción, se reduce a un promedio de 3016 minutos, equivalentes a 3.14 días con una probabilidad de 94% de ser finalizadas dentro de los 5 días de recibido el pedido. Estos valores se resumen en las figuras 17 y 18 siguientes. Si la empresa decidiera que el lote producido de cada pedido puede estar puesto en disponibilidad a los 5 días, cubrirá el 94% de los tiempos de entrega prometidos y si decidiera aumentarlo a 7 días hábiles, la probabilidad de cumplimiento aumentaría a 98%, más que suficiente.

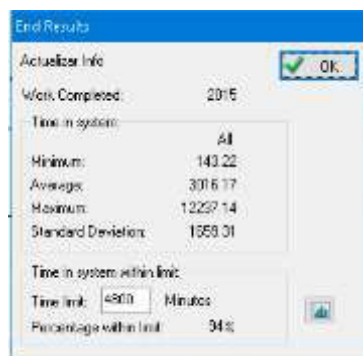


Figura 17. Tiempos promedios de residencia de pedidos en proceso

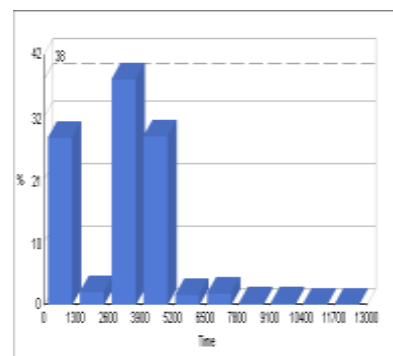


Figura 18. Distribución de tiempos de residencia de pedidos

- d) Si la empresa decide entregar con sus propios recursos los productos solicitados por los pedidos de clientes, debería invertir en un camión de mediana capacidad, al menos capaz de consolidar y entregar hasta 10 pedidos en un día de trabajo. Una cantidad mayor de pedidos, no se recomienda por los horarios de trabajo que obligarían a tener dos equipos de trabajo. El tiempo estimado promedio de entrega es de 2 días adicionales a los de producción, de manera tal que podemos estimar en 10 días hábiles la probabilidad de entregar el 98% de los pedidos en el domicilio del cliente o de otra manera, 98% de poner a disponibilidad del cliente dentro de los 5 días de recibido el pedido, pero viniendo el cliente a retirarlo a la planta.

Se analizó también la posibilidad de que la empresa administre inventarios de materias primas, siguiendo alguna política de cantidad económica de compras, con o sin descuentos, de manera que, por ejemplo, solamente el 30% de los pedidos necesiten compras de materias primas para ser procesados, se consigue terminar los pedidos dentro de los 2 días como promedio y 99.9 % de certeza de finalizarlo antes de los 5 días de recibidos. El tiempo de entrega en lugar del cliente

dentro de los 5 días de recibidos se estima en 82% y dentro de los 10 días de recibidos, la probabilidad aumenta hasta más de 99%. Es una muy buena opción. Se ensayaron más configuraciones de cambio que resulta largo de explicar en este resumen.

6. Conclusiones

A través del análisis de un circuito de abastecimiento [7] que va desde la recepción de pedidos de clientes hasta la provisión del mismo en el lugar indicado por el cliente, la construcción en un simulador de eventos discretos como Simul8[1], permite detectar los “cuellos de botella” del mismo que afectan “aguas abajo” del proceso incurriendo en demoras reflejando la ineficiencia de todo el circuito de abastecimiento. Este análisis puede asimilarse a un caso descrito por la Teoría de las Restricciones (TOC) [7].

En la vorágine de recibir pedidos, controlar, planificar, comprar, producir, entregar, la empresa analizada fue ganando en ineficiencia e ineficacia, considerando que mucho dinero en movimiento por compras en proceso, afectan las finanzas o el costo de operación del sistema. De las explicaciones sobre incumplimientos al hecho de hacer un análisis de la cadena de suministros [7], se ha conseguido bajar de un tiempo de entrega prometido de 30 días, de difícil cumplimiento, a un tiempo optimizado de 10 días hábiles con alto porcentaje de cumplimiento, superior al 99%.

El análisis realizado involucró una Optimización de recursos humanos (sacando de un lugar para agregar en otros), manteniendo la infraestructura existente y los tiempos de producción, para lograr una eficiencia significativa que ayuda a mejorar la imagen de la empresa y una mejor previsión de cumplimiento demostrable a los clientes actuales como a futuros por conseguir. Los cambios propuestos fueron varios y más de una alternativa y cada caso hicimos un detalle de ventajas y desventajas de cada alternativa que no da el espacio para ser incluido en este escrito.

7. Bibliografía

- [1] <https://www.simul8.com/>, manuales en línea del producto Simul8
- [2] Jaret W. Hauge and Kerrie N. Paige. Learning Simul8, The Complete Guide, 2nd Edition. Material Copyrighted de Jaret W. Hauge and Kerrie N.
- [3] Kieran Concanon, Mark Elder, Kim Hunter. Simulation Modeling With Simul8. Material Copyrighted de Concanon, Elder y Hunter.
- [4] Coss Bú, Raúl. Simulación: un enfoque práctico; México, D.F.: Limusa, 2000
- [5] Ross Sheldon, Probability and Statics for Engineers and Scientist, 4th Ed., Elsevier, 2009
- [6] <http://www.minitab.com/es-mx/>
- [7] Chase – Jacobs – Aquilano, Administración de Operaciones, Produccion y Cadenas de Suministros, Ed. McGraw-Hill, 22 Ed, 2009
- [8] Gaither - Frazier, Administracion de Operaciones, Ediciones Paraninfo 2000, 8va Ed., 2010
- [9] Piera – Guasch – Casanovas – Ramos, Como Mejorar la Logística de su Empresa mediante la Simulación, Ed. Díaz Santos, 2006
- [10] Piera – Guasch – Casanovas – Ramos, Modelado y Simulación, aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios.
- [11] Calderón – Lario, Simulación de Cadenas de Suministro: Nuevas Aplicaciones y Areas de Desarrollo, Información Tecnológica Vol 18(1), 137-146 (2007)
- [12] Caminos – Romera – Forchino, Simulación de Industria Alimenticia (Fábrica de Alfajores), Presentado en congreso COINI 2014, Puerto Madryn, Argentina
- [13] Caminos – Romera – Forchino, Produccion de Cervezas Condicionadas por Políticas de Abastecimiento de Envases, Presentado en COINI 2014, Puerto Madryn, Argentina
- [14] Caminos – Romera – Forchino, Simulación de la Distribución de Combustibles en una Provincia Patagónica de Argentina, Presentado en COINI 2016, Salta, Argentina
- [15] Puche Forte Francisco, Guía Práctica para la Simulación de procesos Industriales, Centro Tecnológico del Mueble y la Madera de la Región de Murcia, 2010

Simulación aplicada al mantenimiento industrial: resultados de una revisión sistemática

Acosta Esteban ⁽¹⁾; Fernández, Marcelo Oscar ⁽²⁾;

Chiodi, Franco ⁽³⁾; Vera Perez, Angela ⁽⁴⁾

Instituto de Industria. Universidad Nacional de General Sarmiento

Juan María Gutierrez 1150, Los Polvorines, Buenos Aires

(1) eacosta@ungs.edu.ar; (2) mfernandez@ungs.edu.ar,

(3) fchiodi@ungs.edu.ar; (4) avera@ungs.edu.ar

Resumen

En la actualidad se encuentra generalizado el reconocimiento de un elemento esencial para el incremento en la competitividad en el sector industrial: **el mantenimiento** de los equipos y sistemas. Una técnica utilizada para la optimización de la gestión de mantenimiento, es la simulación. En este marco, este trabajo tiene como objetivo exponer los resultados de una revisión sistemática de la bibliografía (SLR) en la temática Simulación aplicada al mantenimiento industrial. Se pretende identificar el estado del arte actual, que permita profundizar en la temática. Para realizar la revisión sistemática de la literatura, se aplica un protocolo de búsqueda, que define palabras clave, periodo de búsqueda, fuente/s de información, idioma, y región de estudio. Como resultado, se identificaron 36 trabajos iberoamericanos relacionados con la temática, aunque solo siete se enfocan a la simulación en mantenimiento. En este campo, se identifican como modelos de gestión de mantenimiento que cobran relevancia en la actualidad y que se utilizan con más frecuencia son: el TPM (Total Productive Maintenance), el CMD (Disponibilidad-Mantenibilidad-Confiabilidad), y el RCM (Reliability Centered Maintenance). Dentro del campo de la simulación orientada al mantenimiento industrial, puede notarse que los métodos que poseen mayor peso son los modelos de Algoritmo Genético, las cadenas de Markov, el Método Monte Carlo, las técnicas de Eventos discretos, los métodos heurísticos, la programación entera, los métodos de optimización mixta, la simulación entera, y el método Powell, entre otros. Como conclusión es posible señalar que la temática de aplicación de modelos de simulación en el campo del mantenimiento industrial posee bajo desarrollo relativo en Iberoamérica. La identificación de esta "laguna de conocimiento" es el punto inicial para desplegar y profundizar la investigación en este campo, de relevancia para el ámbito científico y para el mundo empresarial, por el impacto de su aplicación en la productividad industrial.

Palabras clave: Simulación de mantenimiento, Gestión de mantenimiento, Mantenimiento correctivo, Mantenimiento preventivo, Mantenimiento predictivo, revisión sistemática de literatura

Abstract

The recognition of an essential element for the increase in competitiveness in the industrial sector is now widespread: the maintenance of equipment and systems. One technique used for optimizing maintenance management is simulation. In this context, this paper aims to present the results of a systematic literature review (SLR) in the topic Simulation applied to industrial maintenance. It is intended to identify the current state of art, which allows for a deeper understanding of the theme. To perform the systematic literature review, a search protocol is applied, which defines keywords, search period, sources of information, language, and study region. As a result, 36 Ibero-American papers related to the subject were identified, although only seven are focused on simulation in maintenance. In this field, maintenance management models are identified that are currently relevant and are most frequently used are TPM (Total Productive Maintenance), CMD (Availability-Maintenance-Reliability), and RCM (Reliability Centered Maintenance). Within the field of simulation oriented to industrial maintenance, it can be noticed that the methods more relevant are the Genetic Algorithm models, the Markov chains, the Monte Carlo Method, the discrete event techniques, the heuristic methods, the entire programming, the methods of mixed optimization, the integer simulation, and the Powell

method, among others. In conclusion, it is possible to point out that the theme of application of simulation models in the field of industrial maintenance has a low development in Ibero- America. The identification of this "gap" is the starting point for deploying and deepening research in this field, relevant to the scientific field and the business world, due to the impact of its application on industrial productivity.

Key Words: Maintenance simulation, Maintenance Management, Corrective maintenance, Preventive maintenance, Predictive maintenance, systemic literature review

1. Introducción

En la actualidad se encuentra generalizado el reconocimiento de un elemento esencial para el incremento en la competitividad en el sector industrial: **el mantenimiento** de los equipos y sistemas. Esta principal herramienta "ha emergido como una sofisticada disciplina que combina técnicas de gestión, organización y planeamiento con aplicaciones ingenieriles" [1]. En una época muy competitiva como la actual se ha llegado a un replanteamiento y cambio de filosofía para alcanzar todos los objetivos de calidad, producción y rentabilidad, y que se vincula directamente con la búsqueda de otro enfoque de los sistemas que gestionan la producción y el mantenimiento de los equipos y sistemas.

Una técnica muy utilizada en estos años para la optimización de procesos, y particularmente para la optimización de la gestión de mantenimiento, es la simulación, la cual es aplicada a diferentes disciplinas e industrias utilizando y aplicando dentro de ellas las distintas metodologías de mantenimiento.

En este trabajo, de carácter exploratorio, se pretende indagar en la literatura científica, aquellos estudios que muestren las aplicaciones de la simulación de procesos, orientados al mantenimiento industrial. Eso permitirá comprender las características y alcance del fenómeno, para identificar su relevancia.

2. Objetivo

En función de lo previamente expuesto, este trabajo tiene como objetivo exponer los resultados de una revisión sistemática de la bibliografía (systemic literature review SLR en inglés) en la temática Simulación aplicada al mantenimiento industrial. Se pretende identificar el estado del arte actual sobre esta cuestión, que permita profundizar en los estudios en la temática.

Para ello, en la siguiente sección, se expone la metodología aplicada para ejecutar la revisión sistemática de la literatura. Luego, se describen los conceptos de mantenimiento industrial y simulación de procesos, para posteriormente exponer los resultados de la SLR referidos a la interrelación de ambas temáticas. Finalmente se exponen las conclusiones.

3. Revisión sistemática de la literatura (Systemic Literature Review en inglés)

Las revisiones de literatura tienen como fin resumir, compilar, criticar y sintetizar la investigación existente sobre un área temática o fenómeno de interés usando un proceso de búsqueda, catalogación, ordenamiento, análisis, crítica y síntesis; las revisiones de literatura son contribuciones al conocimiento actual ya que sus hallazgos son únicamente obtenidos cuando la literatura más relevante es analizada como un todo y no como la simple lectura de documentos aislados. [20]

Para realizar la revisión sistemática de la literatura, se aplica un protocolo de búsqueda, que define palabras clave, periodo de búsqueda, fuente/s de información, idioma de las publicaciones, y región de estudio. En este caso, se definieron las palabras clave como "mantenimiento industrial" y "simulación"; los límites de búsqueda acotados a los documentos que aborden el tema y aporten valor a las preguntas de investigación. Se definió que el espacio temporal para la búsqueda fuera el período que va desde el año 2006 hasta la fecha (año 2017). Además, se consideraron sólo aquellos trabajos

de origen Iberoamericano, resaltando y seleccionando los artículos, revisiones, tesis y otros documentos actuales y relevantes que abordan la temática en Scholar Google.

4. Mantenimiento industrial

4.1. Gestión de mantenimiento

Antes de la década de los 80 el mantenimiento se realizaba simplemente como tareas de reparaciones de los equipos y las máquinas una vez que se producía la falla, luego comenzó a transformarse en un pilar central en la industria. “Se coloca estratégicamente como parte fundamental del proceso productivo en un ambiente donde cada vez más se utilizan equipos de última generación, con los más modernos sistemas mecánicos y electrónicos de mayor grado de complejidad, alto costo y exigencias elevadas en cuanto al nivel del mantenimiento” [2]. El avance tecnológico de los equipos industriales y los sistemas han hecho de estos una necesidad de desarrollo y mejora de los métodos y técnicas de gestión, planificación y herramientas de soporte, y disponer adecuadamente de los recursos disponibles. Como “los equipos parados en momentos inoportunos comprometen la producción y pueden significar pérdidas irreversibles” [2], y “la utilización óptima de las máquinas es un proceso fundamental en el sistema de explotación, su efectividad depende ante todo del modo racional de su uso” [3]. Una gestión de mantenimiento eficiente debe considerar el ciclo de vida de la maquinaria para asegurar su funcionamiento y evitar la ineficiencia productiva.

Paralelamente a esto, surgen los avances y estudios relacionados a estos temas. En [19] los autores realizan una revisión de literatura y de número de referencias de los estudios orientados al mantenimiento preventivo en general, junto con una clasificación de distintos puntos de vista y enfoques con respecto al método para determinar la política de mantenimiento más óptima para cada tipo de sistema. El estudio abarca un período de tiempo desde el año 2006 hasta el 2016, obteniéndose el siguiente gráfico:

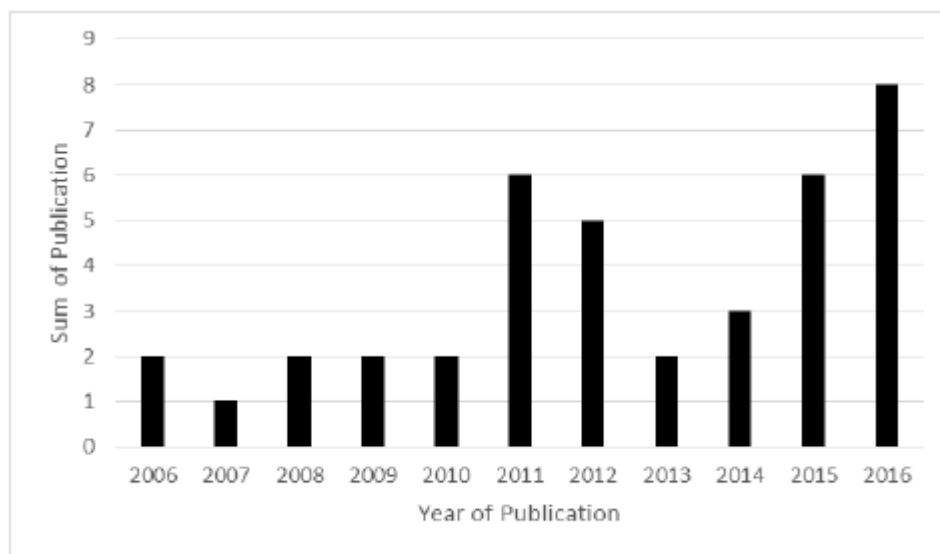


Figura 1. Fuente: Recuperado de Ade Supriatna, Moses L. Singgih, Nuni Kurniati, Erwin Widodo. (2016). *Preventive maintenance strategies: Literature review and directions. The 7 th International on Operations and Supply Chain Management 2016. Phuket, Thailand* [19].

La Figura 1 revela que la cantidad de estudios realizados, en los últimos años, que abordan el tema (en conjunto con las áreas que se encuentran relacionadas) marcan la tendencia del interés e importancia que las industrias y las áreas académicas le brindan a la gestión del mantenimiento.

Dentro de la literatura que trata el tema, puede observarse que es mencionada la utilización de combinaciones de varios tipos de gestiones de mantenimiento reduciendo costos y aumentando la confiabilidad de los equipos. También se vinculan al mantenimiento preventivo con la vida útil del componente o equipo o con la búsqueda de fallas, al mantenimiento correctivo con la falla completa

del equipo o componente, y al mantenimiento predictivo (o preventivo basado en inspecciones) con un estado del equipo o componente.

“El mantenimiento correctivo es la actividad más primordial de mantenimiento; se puede sintetizar por el ciclo rompe-repara, es decir, la reparación de los equipos después de la avería” [2], y es el tipo de mantenimiento más costoso si se mira al sistema como un todo. Este tipo de mantenimiento se divide en dos casos: por un lado, en correctivo programado, en el cual la falla no indisponibiliza el equipo de trabajo y resulta menos costoso que la implementación de un mantenimiento preventivo; por otro lado, se encuentra el correctivo no programado (o emergente) que implica la disponibilidad del equipo lo más inmediatamente posible.

“El mantenimiento preventivo obedece a un patrón previamente esquematizado, que establece paradas periódicas con el fin de permitir el cambio de piezas gastadas por nuevas, asegurando así el funcionamiento perfecto de la máquina por un período predeterminado” [2]. Este tipo de mantenimiento debe ser realizado mediante un proceso sistematizado (para generar la mayor eficacia y eficiencia en su cumplimiento) y planificado, para poder establecer de antemano los tipos de sistemas de información, procedimientos adoptados y herramientas que serán precisos tener disponibles para el desarrollo del mantenimiento planificado. “Algunas de las variables que entran en juego a la hora de definir el mantenimiento y su organización son el tipo de instalación, el proceso productivo, el grado de tecnificación y automatización, la capacidad del personal, el estado de la maquinaria y equipos, los recursos disponibles, etc.” [3].

“La estrategia orientada a la toma de los datos de la gestión del mantenimiento define el modelo de la organización independiente de la tecnología que posee, pues lo más importante en este caso es procesar la información y llegar a una adecuada y certera toma de decisión” [3].

4.2. Tipos de mantenimiento

Dentro de los distintos enfoques mencionados (y detrás de la investigación y análisis realizado del tema) se puede observar que las gestiones de mantenimiento que cobran relevancia en la actualidad y que se utilizan con más frecuencia son el TPM (Total Productive Maintenance), el CMD o RAM (Disponibilidad-Mantenibilidad-Confiabilidad), y el RCM o MCC (Reliability Centered Maintenance).

La gestión confiabilidad-mantenibilidad-disponibilidad permite pronosticar o predecir estos parámetros de mantenimiento basados en la configuración y operatividad de los equipos para un determinado período de tiempo futuro. “La relación entre el mantenedor y la máquina se denomina mantenibilidad, definida como la probabilidad de que un equipo se pueda llevar a un estado de referencia; la relación entre productor y máquina se conoce como confiabilidad y expresa la probabilidad de que un equipo sea capaz de producir a las características para la cual fue diseñado, durante un período determinado de tiempo; la relación entre los tres actores, es decir productor-máquina-mantenedor se define como disponibilidad y es la que en última instancia procuran los dos sujetos vivientes de la estructura” [4]. Esta última es el último objetivo que debe buscarse, para que de este modo pueda sacarse la mejor eficiencia a la inversión, y considerarse como una variable que depende de la confiabilidad y mantenibilidad.

“Un elemento significativo que aporta el estudio sinérgico de la relación fiabilidad-mantenimiento-calidad es el referido al cálculo de los repuestos o sea el conocimiento de la cantidad esperada de fallo en el tiempo y la garantía de reposición en el tiempo de las piezas” [3]. Dentro del conjunto de componentes que posee el equipo algunas poseen más relevancia que otras, y esto se debe a que no todas son definitorias de la confiabilidad y disponibilidad de la máquina, por lo que se consideran críticas dada su precio, complejidad, comercialización y consumo. De ésta manera, se clasifican a los componentes en tres criterios distintos: piezas que no poseen desgaste o fiables (que generan mucha confiabilidad en el equipo y componente), piezas de desgaste lento (que generan una confiabilidad media), y por último piezas críticas de rápido desgaste (que generan poca confiabilidad en los componentes y su disponibilidad). “La información disponible, recogida del comportamiento de las máquinas y equipos garantizan no solo la previsión de fallos, sino la previsión de recursos materiales y financieros con vistas a establecer los futuros planes de mantenimiento y reparaciones, que permitan con esto la toma de decisiones gerenciales que van desde la reposición de máquinas y equipos, compra de insumos hasta la ejecución de nuevas inversiones” [3].

El principio fundamental de este tipo de mantenimiento es la determinación (a través de métodos probabilísticos o analíticos) de los tiempos medios de falla (TPEF) y de los tiempos medios de reparación de los equipos (TPPR). De esta manera, puede determinar las debilidades y utilizar esta herramienta como ayuda en la toma de mejores decisiones con respecto a las políticas de mantenimiento y confiabilidad de todos los equipos y sistemas, manejos de inventarios, aplicación de nuevas filosofías de operatividad, y utilización de nuevas tecnologías. La ejecución del CMD queda determinado por: a) la determinación de las tasas de falla y las tasas de reparación en base a los históricos mantenidos de los sistemas y equipos; b) la verificación y revisión del modelo, su configuración y operatividad; y c) el modelaje y establecimiento de los distintos escenarios de análisis, para determinar su sensibilidad.

El TPM fue desarrollado principalmente por Seiichi Nakajima a comienzos de los años 70, siendo una combinación entre el mantenimiento preventivo y el predictivo, en conjunto con diferentes metodologías de gestión del mantenimiento en las cuales participaban los operadores enriqueciendo el desarrollo del modelo. Puede decirse, que el TPM fue un desarrollo que surgió de un gran cambio cultural e industrial. "El Mantenimiento Productivo Total (Total Productive Maintenance) es una metodología originada en Japón para eliminar pérdidas, reducir paradas, garantizar la calidad y minimizar los costes en las empresas" [1]. Este tipo de mantenimiento viene muy relacionado al Lean Manufacturing (LM), el cual se convirtió en uno de los procesos más altamente eficaz, debido a que resultó de una combinación de distintas prácticas y herramientas (tales como mantenimiento preventivo, pro-activo y autónomo, trabajo en equipo, confiabilidad, ciclo de vida de los equipos, y cero defectos) y que reduce de forma significativa los fallos y problemas de los equipos y activos físicos. "El TPM es una filosofía de mejora continua (que abarca a toda la compañía) focalizada en la eliminación sistemática de todas las formas de ineficiencia, pérdida y derroche" [1]. El principio fundamental del TPM queda basado en los siguientes puntos claves: a) el establecimiento de una cultura organizacional enfocada en la reducción y eliminación de pérdidas (destinadas a operaciones de los equipos, materiales, energía, y mano de obra entre otros); b) generación de sistemas preventivos de cero defectos, cero accidentes y cero averías; y por último c) el aprendizaje continuo de eficiencia en las actividades (sobre todo en el mantenimiento).

En el mismo contexto que en TPM, y dentro del mantenimiento proactivo, surgió el RCM, el cual se centra en la selección adecuada de una gestión de mantenimiento considerando la criticidad de los equipos y sus efectos. "El principal objetivo de MCC es crear una rutina de mantenimiento estratégico que preserve funciones de sistemas y equipos de forma efectiva y con costos aceptables" [6]. Esta metodología fue desarrollada inicialmente por la industria de aviación para mejorar la seguridad y la confiabilidad de sus equipos. Actualmente, la aplicación de una gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad se encuentra reglamentada a través de las normas SAE-JA1011 [7] y SAE-1012 [8]. Es una metodología o herramienta que permite desarrollar un plan óptimo de mantenimiento, asegurando la mayor confiabilidad de los equipos o sistemas, entendiéndose a la confiabilidad como la probabilidad de que un equipo no falle durante su funcionamiento. "La confiabilidad es una medida que resume cuantitativamente el perfil de funcionalidad de un elemento y ayuda en el momento de seleccionar un equipo entre varias alternativas" [9].

"El mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) es un programa que combina técnicas de ingeniería en un enfoque sistemático para garantizar que los equipos de fabricación mantengan sus funciones originales" [6], y considera "el ciclo de confiabilidad a través de sus interrelaciones a partir de datos de tasas de falla y las etapas de ingeniería y mantenimiento, incluyendo rediseños de instalaciones" [9]. Además, "posibilita la reducción de costos de mantenimiento por medio de la priorización de las funciones más importantes del sistema, agravando actividades de mantenimiento estrictamente necesarias para la continuidad de esas funciones y evitando o removiendo acciones de mantenimiento desnecesarias" [6].

El diseño del proceso, análisis e implementación del modelo RCM fue desarrollado considerando que puede partirse desde dos puntos distintos: el primero se refiere a la fase de desarrollo y diseño del proyecto, y en éste caso de deberá comenzar el análisis y la implementación del modelo RCM con un análisis del ciclo de vida del equipo o sistema. El segundo punto de partida corresponde al caso en el que un modelo de mantenimiento ya se encuentre implementado con anterioridad sobre el equipo o sistema. En este caso se realizará la jerarquización de todos los equipos considerando como prioridad a los que sean críticos y realizando las evaluaciones que sean necesarias para la optimización del mismo.

La herramienta más utilizada para la aplicación de ese tipo de mantenimiento es una adaptación del Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMFE), que es una metodología sistemática dirigida a la identificación de los modos de falla potenciales en un sistema, equipo, producto u operación causados por las ineficiencias en los procesos o los sistemas. Esta herramienta también identifica las características de diseño o de los procesos para detectar anticipadamente los problemas que puedan ocurrir.

El modelo planteado sigue una cadena lógica de razonamiento en etapas, en la cual cada tipo de acción a realizar tiene correlatividad con una acción anterior, generando que las acciones a realizar tengan un sentido, un orden y sean irreversibles. "Es un modelo dinámico, secuencial y en un bucle cerrado que determina de forma precisa el curso de acciones a llevar a cabo en el proceso de gestión para asegurar la eficiencia, eficacia y mejora continua del mismo" [10]. Luego de la identificación y selección del sistema o equipo a analizar, el modelo sigue siete pasos fundamentales para llevar a cabo la implementación del RCM, los cuales son: 1) la determinación de las funciones (principales y secundarias) de los equipos de análisis; 2) la determinación de las fallas funcionales de los equipos; 3) la descripción de los modos de fallas potenciales; 4) la determinación de las causas de las fallas funcionales; 5) la descripción de los efectos que producen las fallas funcionales; 6) la determinación la frecuencia de cada falla, y 7) la determinación de la gravedad de cada falla. Por último, el modelo plantea el cálculo del índice de criticidad (NPR) y el peso relativo de cada falla funcional, para seguir una cadena de razonamiento lógico que determinará la forma de proceder con respecto a los escenarios planteados sobre los equipos, componentes o sistemas, llegándose a cinco posibles situaciones: rediseño del sistema, definición de tareas de mantenimiento predictivo y su cronograma, definición de tareas de mantenimiento preventivo y su cronograma, la instalación de una unidad redundante, o la aceptación del riesgo (es decir, trabajar hasta la falla).

5. Simulación

"La simulación es una técnica usada en el análisis de sistemas complejos y se entiende como una amplia colección de métodos y aplicaciones destinados a reproducir artificialmente el comportamiento de sistemas reales, normalmente mediante el uso de software informáticos" [11]. Otros autores entienden a la simulación como "una técnica de análisis de sistemas con un enfoque a qué pasaría si..." [1], con sus aplicaciones centradas en el análisis de todos los efectos ocasionados, que implican cambios en el sistema real de estudio. También es entendido como "el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y realizar pruebas con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar variar estrategias con las cuales se puede operar el sistema" [9].

En la actualidad esta técnica es una de las principales alternativas de representación de modelos conceptuales de posibles escenarios y/o resultados de un determinado proceso o sistema. "El nivel de detalle del modelo debería depender de los objetivos del proyecto, las medidas de desempeño, la disponibilidad de datos, las preocupaciones por la credibilidad, las restricciones computacionales, las opiniones de los expertos en la materia, las restricciones de tiempo y dinero" [12].

Como "la simulación consiste en emplear técnicas matemáticas con el propósito de imitar un proceso u operación del mundo real" [2], la misma "se convierte en una herramienta de análisis de impacto de cambios [...] donde se pueden hacer cambios a fin de realizar estudios, pero sin necesidad de cambiar el sistema en la práctica" [2]. "La simulación puede intervenir en cualquiera de las fases del ciclo de vida del sistema, tanto en la concepción del mismo, como en su diseño preliminar y consiguiente estudio de factibilidad, en el diseño detallado y en la fase de construcción para poder proceder a evaluaciones y asesoramientos, o en la fase de utilización y mantenimiento para poder evaluar escenarios alternativos y encontrar respuestas a preguntas del tipo "que pasaría si" [11]. De esta manera y en el marco de la gestión de mantenimiento, los modelos de simulación pueden representar los efectos que pueden producir diferentes fallas que se generan en los equipos o sistemas, para que de ésta manera se pueda tomar las acciones necesarias, adecuadas y eficaces.

El modelo también puede emplearse para establecer escenarios del proceso en las que se produzca una optimización del rendimiento de los equipos o sistemas de análisis. De manera que "si el modelo es una representación válida del sistema entonces los resultados de la experimentación con el modelo pueden transferirse al propio sistema" [13]. Debe entenderse como un instrumento de investigación sometido a revisión continua para conseguir un refinamiento progresivo en la comprensión del sistema. "Las posibilidades de representación de un sistema complejo, incluyendo aleatoriedad, de

una herramienta como la simulación y la capacidad de generación masiva de datos de los ordenadores han permitido desarrollar un campo amplio y complicado como es la toma de decisiones en entornos multi-criterio” [13].

Dicho lo anterior, se debe comprender a la simulación como una herramienta que sirve para la investigación y revisión de los sistemas y equipos, para obtener una optimización continua y progresiva de los mismos. Su desarrollo está dado por las siguientes etapas: la formulación del problema, la definición del sistema de análisis, la formulación del modelo de resolución (como se mencionó con anterioridad), la colección de los datos necesarios del sistema, la implementación del modelo en la computadora, la verificación y validación del modelo y los resultados, el diseño de experimentos y la experimentación (la simulación propiamente dicha), la interpretación de la sensibilidad del modelo, la implementación real del modelo, y por último la documentación obtenida.

5.1. Métodos de resolución

Existen diversas clasificaciones de los métodos de simulación según el estado del sistema estudiado y el comportamiento que éste sigue. La primera clasificación son los modelos estocásticos o dinámicos, los cuales no consideran al tiempo como una variable, y el mismo permanece constante en el modelo. La segunda clasificación se encuentra dada por los modelos continuos o discretos, los cuales consideran en el comportamiento el avance del tiempo de forma continua, y genera que los modelos de los sistemas cambien continuamente a medida que transcurre el tiempo. Por último, se encuentran los modelos determinísticos o estocásticos, en donde los determinísticos son aquellos en los cuales las variables no son aleatorias, y determinan un comportamiento predecible, y los estocásticos son los que incluyen variables aleatorias o que utilizan distribuciones de probabilidad para describir el sistema.

Los métodos de resolución que abarca la simulación son amplios y variados, sin embargo este artículo se centrará en los más representativos dentro del marco de la investigación realizada. Puede notarse que los métodos que poseen mayor peso en los modelos de simulación estudiados son los modelos de Algoritmo Genético (AG), las cadenas de Markov, el Método Monte Carlo, las técnicas de Eventos discretos, los métodos heurísticos, la programación entera, los métodos de optimización mixta, la simulación entera, y el método Powell, entre otros. “Existen diferentes técnicas para modelar el estudio sistemático de los sistemas desde el punto de vista de confiabilidad” [9]. Las técnicas más utilizadas pueden ser las técnicas de Markov, los diagramas de bloques, AMFE, los árboles de falla, etc. Muchos autores los utilizan como herramientas de apoyo en la investigación del ciclo de vida de un sistema, determinando las tasas de fallas y evaluando el rendimiento de los sistemas estudiados.

El método de Algoritmo Genético (AG) es una herramienta metaheurística, que se encuentra fuertemente basada en los procesos evolutivos de selección natural y mecanismos de la genética planteado por Charles Darwin. Este método inicialmente fue propuesto y desarrollado por John Holland, y utilizado fuertemente en la optimización, transformando a una determinada población (muestra) de individuos (donde resulten las posibles soluciones del problema) a una generación nueva de individuos con características mejoradas para resultar ser los más aptos. En los problemas multiobjetivos al producirse problemas en las funciones se genera la pérdida de una solución óptima que cumple con cada uno de los criterios definidos. En definitiva, el AG tiene como objetivo muestrear la frontera de Pareto, buscando la dominancia y el óptimo, manteniendo una determinada población de individuos lo más distribuidamente uniforme posible.

“Una forma más sofisticada de mejorar los indicadores de fiabilidad consiste en utilizar los resultados de sistemas expertos para evaluar el diseño de un plan de mantenimiento” [5]. Es así que los métodos de análisis multicriterios aparte de considerar la fiabilidad también tienen en cuenta todas las características económicas para la programación de todos los objetivos. En la actualidad, los trabajos desarrollados sobre el tema se enfocan en su mayoría en la determinación de los óptimos, para poder sacar el mayor beneficio de los recursos de mantenimiento, sobre todo cuando estos son limitados. Las visiones más innovadoras modelan las operaciones de los procesos de diseño de los planes de mantenimiento, generando la posibilidad de obtener mayores indicadores de precisión, credibilidad y accesibilidad. “La inclusión de restricciones operativas permite abordar las interrupciones de la transmisión y las decisiones de mantenimiento preventivo” [5].

Dentro de las consideraciones de la simulación estocástica se emplean las herramientas de Markov (mencionado con anterioridad) y Monte Carlo. Como ya se mencionó “un modelo estocástico representa una serie de eventos con salidas aleatorias, usualmente indexas con respecto al tiempo”

[9]. “La simulación de Monte Carlo es un método que emplea números aleatorios uniformemente distribuidos en el intervalo [0,1] que es utilizado para resolver problemas donde la evolución con el tiempo no es de importancia” [14]. “El sistema es muestreado en un número de configuraciones aleatorias y los datos pueden ser usados para describir el sistema como un todo” [9], y “permite el análisis de sistemas reales” [6]. El uso de esta herramienta permite una mirada más compleja y completa, entendiendo a los equipos, maquinarias y sistemas, y determinando todos los componentes que resultan críticos dentro de ellos.

Por otro lado, “las heurísticas son procedimientos simples, a menudo basados en el sentido común, que se supone ofrecerán una buena solución (aunque no necesariamente la óptima) a problemas difíciles, de un modo fácil y rápido” [15]. Una ventaja de estas técnicas es la fácil adaptación y adecuación a las condiciones de las industrias, y puede agilizar y dar apoyo en la toma de decisiones debido a su modo de resolución eficiente. “También, se cree que pueden permitir una menor necesidad de imponer restricciones, facilitando soluciones a modelos más representativos de la realidad” [15]. Este tipo de herramientas son exploradas aun por muchos investigadores, y sobretodo centrándose en la optimización aplicada a los sistemas, como también sus ventajas y desventajas en la aplicación y utilización. Las simulaciones se suelen combinar con metaheurísticas, y de esta manera poder encontrar el óptimo o conjunto de óptimos para la minimización de costos y la maximización de beneficios de los sistemas. “Es posible que no siempre se encuentre un óptimo global; sin embargo, en las metaheurísticas se pueden crear estrategias de búsqueda basadas en la generación de variables aleatorias, con el objetivo de diseñar espacios de soluciones y aprendizaje que permitan llegar a la solución de una forma muy aproximada” [15].

En otros enfoques con “problemas de Programación Entera Mixta Estocástica, el procedimiento de solución del problema se puede proponer usando métodos como los de variables acotadas” [15]. El objetivo de este método es encontrar una solución al problema planteado a través de un algoritmo que lo resolverá por un método aproximado y determinístico. Un procedimiento de solución puede ser en tres etapas, la primera consiste en una programación lineal generalizada para la resolución del dual, la segunda etapa será una programación lineal desarrollada con los datos obtenidos de la primera etapa y la primera programación realizada. Por último, se determinarán todos los resultados y las posibles soluciones de la segunda etapa.

“Finalmente, un algoritmo de optimización del tipo Powell modificado es usado para encontrar las soluciones de mantenimiento óptimas para varios escenarios y para criterios de optimalidad diferentes” [16].

Para poder implementar y llevar a cabo la aplicación de un modelo de simulación aplicado a la gestión de mantenimiento “se deben fijar los objetivos del estudio, las preguntas a dar respuesta, las medidas de desempeño para evaluar la eficacia de la configuración del sistema, el alcance del modelo, el software, el tiempo del estudio y los recursos” [12] destinados para ello.

6. Resultados de la revisión sistemática de la literatura: descripción y análisis

Luego de haber realizado una sintética descripción de aspectos vinculados al mantenimiento industrial (su gestión, los diferentes tipos y modelos, etc.) por un lado, y aquellos conceptos relacionados con la simulación (modelos, y técnicas) por otro, se presentan aquí los resultados de la aplicación del protocolo de SLR. A través del mismo, se identificaron 36 trabajos iberoamericanos relacionados con la temática, aunque solo siete se enfocan a la simulación en mantenimiento, y el último publicado tiene fecha de 2011.

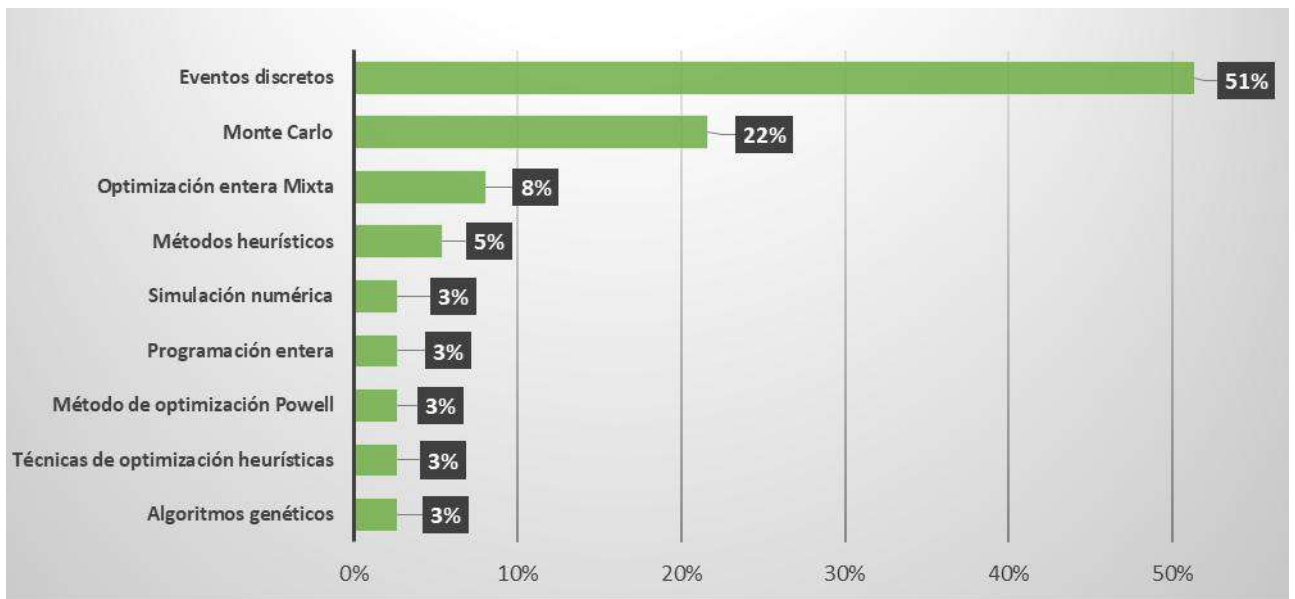


Figura 2 . Métodos utilizados en los modelos de simulación. Fuente: Elaboración propia

Como se desprende de la Figura 2, la simulación por eventos discretos y por el método Monte Carlo son aquellas de mayor importancia relativa. El resto de los métodos identificados tiene bajo nivel de aplicación.

Las empresas con mayor rentabilidad suelen estar a la vanguardia cuando se trata de herramientas innovadoras, en este caso se encuentran presentes industrias como la Energética, Petrolera, Aeronáutica y Nuclear, como se desprende de la Figura 3.

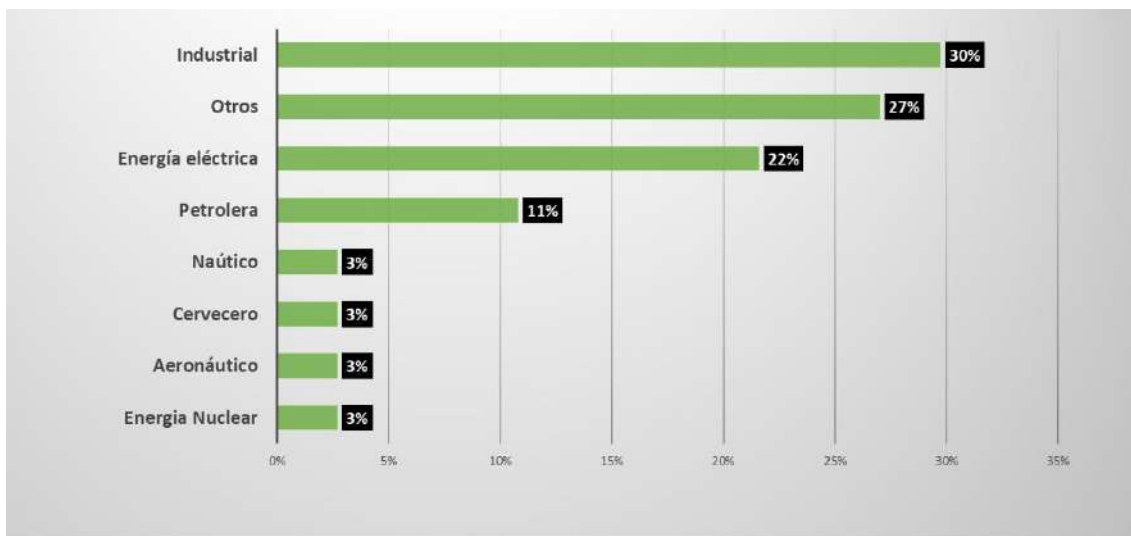


Figura 3. Aplicación de modelos de simulación por industria. Fuente: Elaboración propia.

De la muestra total de trabajos y publicaciones científicas identificadas, más de la mitad de las mismas (57%) corresponden a autores y revistas brasileñas, mientras que Colombia aporta un 21% al conjunto. Otros países como México, Argentina, Perú y Cuba tienen una participación significativamente menor. La distribución de publicaciones por país se muestra en la Figura 4.

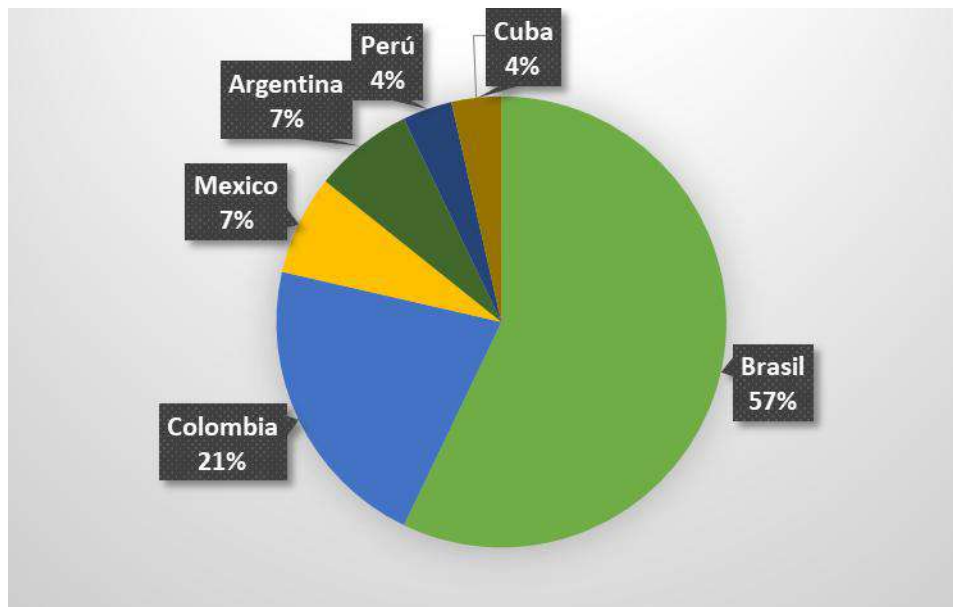


Figura 4. Métodos utilizados en los modelos de simulación por país. Fuente: Elaboración propia.

7. Conclusiones

Como señala la recopilación teórica, el mantenimiento industrial es un tema que va generando mayor nivel de producción científica, denotando el interés por el impacto empresarial que genera. En este campo, se identifican gestiones de mantenimiento que cobran relevancia en la actualidad y que se utilizan con más frecuencia son: el TPM (Total Productive Maintenance), el CMD o RAM (Disponibilidad-Mantenibilidad-Confiabilidad), y el RCM o MCC (Reliability Centered Maintenance).

En el mismo sentido, dentro del campo de la simulación orientada al mantenimiento industrial, puede notarse que los métodos que poseen mayor peso son los modelos de Algoritmo Genético (AG), las cadenas de Markov, el Método Monte Carlo, las técnicas de Eventos discretos, los métodos heurísticos, la programación entera, los métodos de optimización mixta, la simulación entera, y el método Powell, entre otros.

Esta diversidad de modelos de simulación, entrecruzado con la existencia de diferentes enfoques de gestión del mantenimiento, otorga un sinnúmero de posibilidades de investigación y desarrollo científico en este campo.

En lo que refiere a los resultados de la revisión bibliográfica realizada a través de la SLR, es posible señalar que la temática de aplicación de modelos de simulación en el campo del mantenimiento industrial posee bajo desarrollo relativo en Iberoamérica.

La identificación de esta "laguna de conocimiento" es el punto inicial para desplegar y profundizar la investigación en este campo, de relevancia para el ámbito científico y para el mundo empresarial, por el impacto de su aplicación en la productividad industrial.

8. Referencias

- [1] Racero Moreno, Jesús; Eguía Salinas, Ignacio; Villa Caro, Gabriel (2007). "Análisis de técnicas de mantenimiento productivo total mediante simulación". XI Congreso de Ingeniería de Organización, pag. 1689-1698. Madrid, España.
- [2] Ribeiro Lima Filho, Elcio; Carvalho Pereira, Rodrigo; Freire de Castro, Vinícius (2008). "Simulação de eventos discretos aplicado em manutenção de tomógrafos hospitalares". SPOLM 2008, Rio de Janeiro - Brasil. ISSN 2175-6295.
- [3] Zaldívar Salazar, Mario C. (2007). "El mantenimiento técnico en la actividad gerencial". Tecnología en marcha. Vol. 20-2.
- [4] Toro Osorio, Juan Carlos; Céspedes Gutiérrez, Pedro Alejandro (2001). "Metodología para medir la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad en mantenimiento". Revista: IMC (Instituto de mejora continua).
- [5] Lobato, E.; Sanchez Martín, P.; Sáiz Marín, E. (2012). "Long term maintenance optimization of CCGT plants". Conference: Asia – Pacific Power and energy engineering conference (APPEEC).
- [6] Alebrant Mendes, Angélica; Duarte Ribeiro José Luis (2011) "Um estudo do suporte quantitativo necessário para a operacionalização da MCC". Revista: Produção, Porto Alegre, RS, Brasil.
- [7] SAE JA1011. (1999). *Evaluation criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) processes*. Society for Automotive Engineers.
- [8] SAE JA1012. (2002). *A guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) standard*. Society for Automotive Engineers.
- [9] R. Melo Gonzalez, R.; Lara Hernandez, C.; Jacobo Gordillo, F. (2009). "Estimación de la confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad mediante una simulación tipo Monte Carlo de un sistema de compresión de gas amargo durante la etapa de ingeniería". Tecnol. Ciencia Ed. (IMIQ) vol. 24 núm. 2.
- [10] Viveros, Pablo; Stegmaier, Raúl; Kristjanpoller, Fredy ; Barbera, Luis; Crespo, Adolfo (2013). "Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo", Ingeniare. Revista chilena de Ingeniería, vol. 21 N°1, 2013, pp. 125-128.
- [11] Garde Blesa, Ainara; Azcárate Camio, Cristina; Mallor Giménez, Fermín (2011). "Desarrollo y validación de un modelo de simulación para el complejo asistencial médico tecnológico de Navarra (CAMTA)". Escuela técnica de ingenieros Industriales y de telecomunicación. Pamplona, España.
- [12] Trujillo Díaz, Johanna; Vallejo Cubillos, Javier Darío; Becerra Fernández, Mauricio (2010). "Methodology call-center's Simulation-Study case". Studiositas, ISSN-e 1909-0366, Vol. 5, N°. 3, 2010, págs. 117-136
- [13] Otamendi, Javier (2002). "Simulación: Una herramienta eficaz y eficiente para la toma de decisiones". King Juan Carlos University. Madrid, España, Enero 2002.
- [14] Tarifa, Enrique Eduardo (2004) "Teoría de Modelos y Simulación. Introducción a la Simulación". Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Jujuy, Jujuy, Argentina.
- [15] Valencia Cárdenas, Marisol; Díaz Serna, Francisco Javier; Correa Morales, Juan Carlos. (2015). "Planeación de inventarios con demanda dinámica. Una revisión del estado del arte". Dyna, vol. 82, núm. 190. Abril 2015, pp. 183-191. Universidad Nacional de Medellín. Medellín, Colombia.
- [16] Crespo Marquez, Adolfo; Ruiz Usano, Rafael (2002). "Política de mantenimiento para un sistema de producción con limitación en la tasa de producción y en la capacidad de almacenamiento de inventario". II Conferencia de Ingeniería de Organización (CIO), Vigo, 5-6 Septiembre.
- [17] Giua, A.; Pilloni, M.; Seatzu, C. (2005). "Modelling and simulation of a bottling plant using hybrid Petri nets". International Journal of Production Research, Volume 43, Issue 7 April, pp. 1375-1395.

[18] Valença Azevedo, Rafael; das Chagas Moura, Márcio; López Droguett, Enrique (2013). "Abordagem multiobjetivo para decisões sobre a política de substituição de um sistema sujeito a reparos imperfeitos via algoritmo genético multiobjetivo e simulação discreta de eventos". Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Departamento de Engenharia de Produção (DEP), Centro de Estudos e Ensaios em Risco e Modelagem Ambiental (CEERMA). 2013, Brasil

[19] Ade Supriatna, Moses L. Singgih, Nuni Kurniati, Erwin Widodo. (2016). "Preventive maintenance strategies: Literature review and directions". The 7th International on Operations and Supply Chain Management 2016. Phuket, Thailand.

[20] Velásquez J.D.. "Una Guía Corta para Escribir Revisiones Sistemáticas de Literatura. Parte 1". DYNA 81 (187), pp. 9-10. October, 2014.

Planificación de la logística para la recolección de miel en una empresa apícola

Toncovich, Adrián Andrés*; Burgos, Tomás Marcos; Jalif, Maximiliano Javier

*Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur.
Av. Alem 1253. Bahía Blanca. atoncovi@uns.edu.ar, tomasmburgos@gmail.com,
maximiliano.jalif@gmail.com.*

RESUMEN.

El objetivo del presente trabajo consiste en identificar las distintas actividades logísticas desarrolladas por una empresa apícola dentro su cadena productiva con el fin de aplicar técnicas cuantitativas para generar mejoras en el proceso de recolección de miel. Específicamente, se desarrolla un modelo matemático formal y un procedimiento metaheurístico vinculado a la logística de recolección de las colmenas con el objetivo de minimizar los costos vinculados con la actividad. A partir de este análisis se busca identificar puntos factibles de ser mejorados, y proporcionar recomendaciones de utilidad para la empresa. La importancia de la resolución del problema descrito en el presente trabajo, radica en que le permite a la empresa planificar más eficientemente las actividades vinculadas con la logística de las colmenas en la etapa de cosecha de miel, minimizando los costos y tiempos insumidos, y contribuyendo a la maximización de la productividad de los apiarios. La solución alcanzada resulta satisfactoria y sienta las bases para realizar estudios de mayor profundidad y precisión que permitirán alcanzar soluciones eficientes a este problema, fundamental para la firma en cuestión y para otras empresas.

Palabras Claves: Logística, Optimización, Planificación, Programación de rutas.

ABSTRACT.

This work aims to identify the different logistic activities developed by a beekeeping company within its productive chain in order to apply quantitative techniques to generate improvements in the honey harvesting process. Specifically, a formal mathematical model and a metaheuristic procedure related to the collection logistics of beehives are developed with the objective of minimizing the costs associated with the activity. From this analysis, it is sought to identify practical aspects to be improved, and to provide useful recommendations for the company. The importance of solving the problem described in this paper is that it allows the company to plan more efficiently the activities related to the logistics of beehives at the stage of honey harvesting, minimizing the required cost and time, and contributing to maximizing the productivity of apiaries. The solution achieved is satisfactory and provides the basis for studies of greater depth and precision that will allow obtaining efficient solutions to this problem, fundamental for the firm in question and for other companies.

1. INTRODUCCIÓN

La función de administración de la cadena de suministro tiene un rol cada vez más significativo en el aseguramiento de niveles adecuados de servicio al cliente y la minimización de costos asociados a las operaciones, al mismo tiempo que se busca conseguir el máximo aprovechamiento de los recursos disponibles [1]. La ubicuidad del cambio como elemento general de la actividad económica de la actualidad requiere reacciones rápidas de los sistemas de empresariales para responder a las necesidades con el fin de conseguir los mejores resultados.

El gran número de artículos publicados sobre gestión de la cadena de suministro desde fines de la década del cincuenta del siglo pasado hasta la fecha, destaca la relevancia de este tópico de investigación. En particular, como excelentes tratados introductorios al campo de la gestión de la cadena de suministro pueden citarse los textos de Ballou [1], Chopra y Meindl [2] y Ross [3]. En general, en este campo del conocimiento, deben resolverse problemas que no cuentan con métodos exactos que puedan proporcionar soluciones en tiempos polinomialmente acotados, a excepción de algunos casos particulares, que disponen de procedimientos algorítmicos eficientes [4].

En este caso se ha analizado un problema de planificación de actividades logísticas correspondiente a una empresa apícola. El problema considerado puede caracterizarse como una variante del problema de determinación de rutas de vehículos (Vehicle Routing Problem, VRP por sus siglas en inglés), que fuera originalmente descrito en [5] un problema de distribución de combustible. Para esta categoría de problemas se debe especificar un conjunto de rutas o recorridos para una flota de vehículos que opera desde una o más instalaciones de almacenamiento, para atender la demanda de un cierto número de localizaciones o clientes geográficamente distribuidos.

En el caso de la empresa analizada resulta fundamental visitar cada colmenar tan seguido como resulte posible para recolectar la miel producida por cada colmena y así estimularlas a seguir produciendo y no conformarse con las reservas acumuladas, ni permitir que se queden sin espacio para seguir almacenándola. En tal sentido, se formula matemáticamente y se resuelve de forma aproximada el problema fundamental para la empresa apícola relacionado con la logística de colmenas en el proceso de recolección de miel. Para la modelización matemática se recurre a la programación lineal entera, partiendo de una formulación basada en un caso particular del VRP denominado CVRP (Capacitated Vehicle Routing Problem). El tiempo y esfuerzo computacional requerido para resolver el problema aumenta exponencialmente conforme crece el tamaño del problema, es decir, la cantidad de nodos a ser visitados por los vehículos. El VRP se encuentra dentro de la clase NP-Hard [6], puesto que el TSP (Travelling Salesman Problem) que es un caso particular del VRP, cuando se dispone de un único vehículo y no existen restricciones de capacidad, tiempo o distancia, pertenece a esta clase. En este caso, se decidió plantear el modelo de programación lineal entera a modo de referencia para evaluar las soluciones generadas por medio de una estrategia metaheurística diseñada para resolver el problema de manera efectiva. Para esta clase de problemas resulta muchas veces conveniente generar soluciones aproximadas o heurísticas, que puedan obtenerse de rápidamente y resulten suficientemente buenas, de forma que puedan emplearse en la toma de decisiones.

La metaheurística propuesta para la resolución del problema VRP considerado consiste en un procedimiento que combina una etapa constructiva greedy aleatorizada con otra de mejora basada en el recocido simulado [9], que plantea la búsqueda progresiva de los caminos más económicos en distancia, costo y tiempo.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El objetivo del presente trabajo consiste en reconocer las distintas actividades logísticas desarrolladas por una empresa apícola dentro de su cadena productiva, en el proceso de recolección de miel, con el fin de generar un modelo que represente adecuadamente el problema para proceder luego a la aplicación de técnicas cuantitativas convenientes para su resolución.

A partir de este análisis se busca identificar aquellos puntos factibles de ser mejorados, y proporcionar algunas sugerencias que sean de utilidad para la dirección de la empresa.

En este apartado se procura establecer definir el problema vinculado a la planificación de los traslados de las colmenas efectuados entre los distintos campos y la planta a fin de minimizar los costos de la logística de la empresa, para posteriormente formalizar un modelo matemático asociado.

El modelo se plantea en base a una programación lineal entera, cuya función objetivo representa los costos totales del traslado de las colmenas, supeditado a restricciones tales como la jornada laboral, el clima, el combustible, la capacidad de carga del camión y el tiempo de servicio en el campo especificado.

El problema de la logística de colmenas es un problema fundamental para la firma por dos motivos. Por un lado, los costos que incurre la empresa en esta etapa son muy importantes debido a la intensidad del trabajo en este periodo, contratando empleados temporales y consumiendo grandes cantidades de combustible y, por otro lado, la cosecha de miel es la etapa más importante del ciclo productivo y, de hecho, visitar todos los colmenares en el mínimo tiempo tiene implicancias en

relación con los costos de logística y mano de obra y con el nivel de productividad y rendimiento de las colmenas.

Como primera medida para la descripción del problema se procederá a localizar geográficamente todos los campos en los cuales la empresa dispone sus colmenas comprendidos en el área de influencia de los alrededores de la localidad sede de la empresa, ubicada en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. El radio de esta área es de aproximadamente unos 60 kilómetros. En este mismo punto, se vincularán entre sí aquellos campos que dispongan de una ruta nacional, provincial, municipal o un camino rural como nexo. Como resultado de este procedimiento, se obtendrá una red cuyos nodos serán los distintos campos identificados en el área de influencia de la empresa y los arcos serán las rutas mencionadas.

Determinados y localizados todos los predios en cuestión, con sus respectivos caminos principales y rurales, se cuantificarán los costos asociados a cada uno de los arcos de la red con el objetivo de la posterior especificación de la función objetivo. Se considerarán costos como el combustible, almuerzo para los empleados durante el viaje e insumos varios. De este modo quedarán determinados los parámetros de la función objetivo, que no es otra cosa que una función de los costos totales de transporte.

Ahora bien, para poder obtener concretamente la función objetivo, es necesario determinar no solo los parámetros, sino también las variables. En este planteo en particular, las variables serán del tipo binario en razón de indicar la realización de un viaje o no a través del itinerario de rutas y caminos delimitados anteriormente. En términos específicos, esto indicará el recorrido o no por un arco de la red previamente confeccionada.

Finalmente, las restricciones que se plantearán tienen que ver con:

- La capacidad de carga del vehículo de transporte, que puede transportar un máximo de 10 planchas de 36 alzas cada una. El alza es la parte de la colmena en la que las abejas almacenan la miel, es un cajón de tamaño normalizado que contiene 9 cuadros. Una plancha es una especie de pallet que está compuesta por 36 alzas dispuestas en una base cuadrada de 2 alzas de lado por 9 de alto.
- La jornada laboral, que se extiende desde las 7:00 horas hasta las 19:00 horas, contando con un periodo de descanso de 2 horas para almorzar y reponerse. Nótese que el trabajador agrario no se encuentra comprendido dentro del Decreto Reglamentario 390/1976 de la Ley Nacional de Contrato de Trabajo N°20744, por lo que la jornada puede extenderse más allá de las 8 horas de la jornada considerada como regular por dicha ley.
- La autonomía del vehículo de carga. La capacidad del tanque es de 280 litros, debiéndose cargarlo una vez por semana durante la temporada de cosecha.
- El tiempo de servicio en el campo especificado, que está en función directa de la cantidad de colmenas a cosechar en cada uno de ellos.

2.1. Localización de los campos y definición de la red.

La zona de influencia de la empresa, en donde se encuentran radicados los campos en los cuales se distribuyen las colmenas, está definida dentro de un radio de aproximadamente 70 km a la redonda, considerándose la planta de la empresa como el centro de esa área. En la Figura 1 se indica la localización relativa de cada uno de los puntos de la red.

En la Tabla 1 se indican los distintos campos del diagrama anterior y la distancia en kilómetros a la ciudad sede. Nótese que en la Tabla 1 se distingue entre ruta asfaltada y camino de ripio.

Ahora bien, habiéndose interiorizado en la localización de los distintos campos y las correspondientes distancias al centro logístico de las operaciones, seguidamente se procede a determinar los nexos entre los distintos campos con el objetivo de confeccionar la red de distribución.

A efectos de considerar todas las situaciones posibles que pueden presentarse en la red de distribución planteada, se debe confeccionar una matriz cuadrada y simétrica de 35 por 35, estableciendo las distancias entre todos los campos involucrados en el área de influencia de la empresa. Cabe señalar que, a los efectos del presente análisis, no se discrimina en la matriz de distancias entre caminos de asfalto y ripio en razón de simplificar el planteo.

Nótese que en la mencionada tabla se indica a la ciudad sede como el nodo 0, considerando que toda ruta que se confeccione deberá iniciar y finalizar en dicha localidad. Asimismo, si bien por cuestiones de simplificación se indica a la ciudad sede en la columna de "campo", este nodo no representa un campo propiamente dicho.

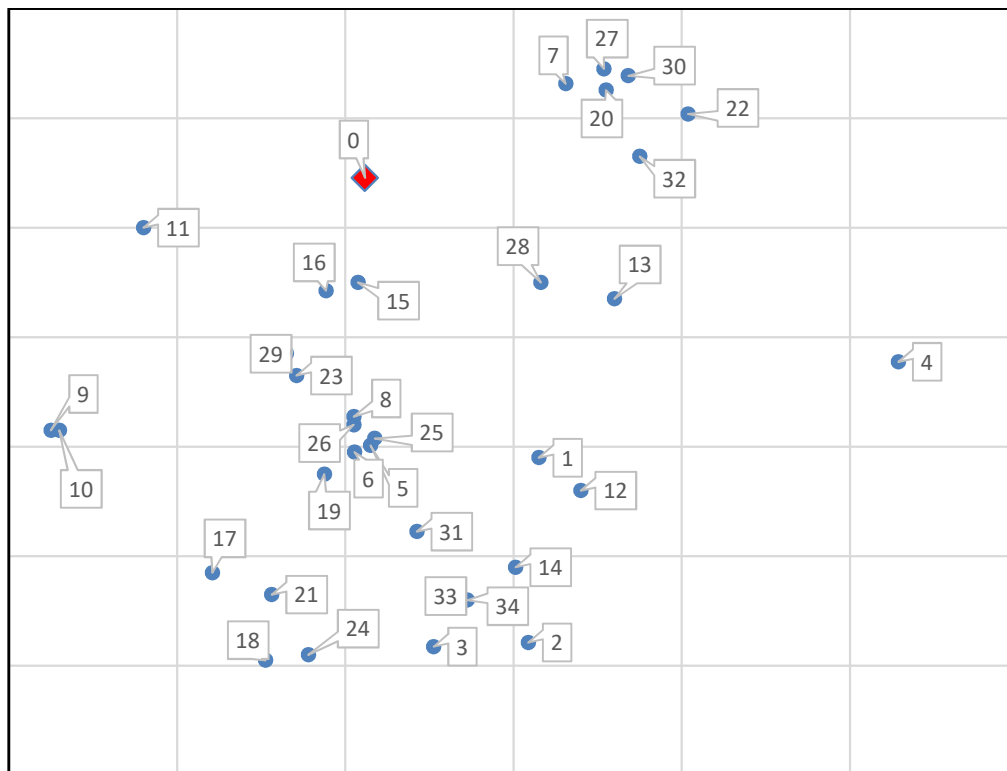


Figura 1 Distribución geográfica relativa de los campos.

Tabla 1 Distancias de los campos a la ciudad sede.

Campo	Distancia [km]	Ruta asfaltada [km]	Camino de ripio [km]
1	47	39	8
2	64	64	0
3	68	48	20
4	70	70	0
5	46	22	24
6	48	22	26
7	42	31	11
8	43	22	21
9	51	51	0
10	50	50	0
11	36	22	14
12	53	49	4
13	34	34	0
14	53	48	5
15	10	4	6
16	10	4	6
17	65	60	5
18	87	60	27
19	52	22	30
20	41	31	10
21	73	60	13
22	53	39	14
23	33	22	11
24	88	60	28
25	45	22	23
26	42	22	20
27	45	31	14
28	25	25	0
29	31	22	9
30	44	31	13
31	62	62	0
32	42	42	0
33	64	48	16
34	63	48	15

2.2. Determinación de los costos

En esta subsección se procederá a determinar los costos asociados a cada uno de los arcos de la red confeccionada. Nótese que los costos asociados a los viajes hacen referencia a viáticos, insumos y combustible, tal como se mencionó anteriormente. Sin embargo, tanto los viáticos como los insumos no hacen al análisis en cuestión, en razón de que los mismos no son función del lugar a donde se vaya, sino del hecho de efectuar un viaje o no. Ante esta situación, se considerarán para la determinación de los costos de los arcos, solamente los costos vinculados al combustible utilizado para recorrer dicha ruta. Para el análisis se consideró el precio del gasoil comercializado bajo la marca comercial YPF, que alcanza un valor de \$18,38 el litro. Ahora bien, para en análisis presente resulta fundamental determinar en primer lugar el consumo de los vehículos que realizan los traslados de las colmenas. Estos son dos: un camión Mercedes Benz y una pick up Ford F-100. Los consumos de los vehículos fueron especificados por el propietario de la firma, consignándose los siguientes valores:

- Camión Mercedes Benz: 20 litros de gasoil/100 km.
- Pick up Ford F-100: 10 litros de gasoil/100 km.

Considerando que durante la cosecha el camión y la pick up viajan conjuntamente, es posible determinar un único costo unitario por kilómetro recorrido. Asimismo, al hacer esto, a los fines matemáticos del modelo pueden considerarse como un único vehículo. A partir de los valores del precio del gasoil y los consumos se puede obtener el costo de \$5,514 por kilómetro. A partir de este dato, se confecciona la matriz de costos correspondientes a cada arco de la red de la matriz de distancias. Dichos valores se expresan en pesos corrientes:

3. MODELO DE PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA DEL PROBLEMA.

Como objetivo del problema que se debe formular, se pretende minimizar el costo vinculado a la logística del traslado de las colmenas de los campos al almacén central de la planta. El problema considerado resulta equivalente al denominado problema de determinación de rutas de vehículos (VRP, Vehicle Routing Problem en inglés).

El problema VRP es el nombre general asignado a la categoría de problemas en los que se debe determinar una secuencia de rutas para un conjunto de vehículos que operan desde una o más instalaciones de almacenamiento, con el fin de atender un determinado número de localidades o clientes distribuidos geográficamente.

El interés por estudiar este problema radica en que la función de distribución, cuando permite alcanzar un adecuado nivel de servicio al cliente, puede conducir de forma directa a un incremento en las ventas, un mayor porcentaje de participación en el mercado y contribuir a la disminución de costos y, en consecuencia, a un incremento de los beneficios [1].

El VRP se plantea naturalmente como el problema central en los campos de transporte, distribución y logística. En muchos mercados, el transporte representa un alto porcentaje del valor de los bienes. El problema VRP es uno de los problemas más estudiados y desafiantes que pueden ser enunciados mediante modelos de programación matemática y pertenece a la categoría de los problemas denominados NP-Hard [6].

El problema de determinación de rutas de vehículos con capacidad limitada (CVRP, Capacitated Vehicle Routing Problem), se define como aquel en el que vehículos ubicados en un depósito central, en este caso la ubicación de la planta de la empresa, son utilizados para visitar clientes distribuidos geográficamente para satisfacer la demanda correspondiente. De esta manera, se requiere que cada cliente sea visitado una sola vez por uno de los vehículos, respetando las restricciones de capacidad de estos, de tiempo máximo permitido de trabajo, distancia máxima recorrida, etc.

3.1. Determinación de parámetros del modelo.

En el presente apartado se procede a determinar todos aquellos parámetros necesarios para la confección del modelo. En primer lugar, se determinarán los tiempos vinculados al traslado de un nodo a otro, es decir, a través de los arcos.

Para poder calcular el tiempo de traslado se consideraron las siguientes velocidades de desplazamiento tanto para el camión como para la pick up, dado que siempre viajan en conjunto.

- Velocidad sobre ruta asfaltada: 70 km/h.
- Velocidad sobre ruta de ripio: 50 km/h.

Cabe señalar que, si bien se puede distinguir una velocidad sobre asfalto y otra sobre ripio, a los efectos de simplificar los cálculos, se considera una velocidad promedio de 60 kilómetros por hora. A partir de los datos disponibles, se puede obtener la matriz de tiempos de traslado entre campos. Además de los tiempos de traslado entre los campos de la red, resulta necesario tener en cuenta los tiempos de servicio vinculados a las tareas de recolección de miel en cada campo. Cabe señalar que este tiempo es directamente proporcional a la cantidad de colmenas, considerándose en promedio un tiempo de 3 minutos por colmena.

Por otro lado, resulta necesario tener en cuenta que cada colmena posee dos alzas, siendo esto fundamental para el cálculo de capacidades de carga.

A partir de la cantidad de colmenas en cada campo se confeccionó la Tabla 2.

Finalmente se especifican los parámetros vinculados a las restricciones de la jornada laboral y la capacidad del camión. Nótese que la pick-up no transporta colmenas.

- Tiempo máximo por viaje: $T_k = 10 \text{ h} = 600 \text{ min}$.
- Capacidad del camión: $Q_k = 360 \text{ alzas}$.

Tabla 2 *Tiempo de servicio por campo en función de la cantidad de colmenas.*

Campo	Cantidad de colmenas	Cantidad de alzas	Tiempo de servicio [min]
1	59	118	177
2	67	134	201
3	15	30	45
4	50	100	150
5	76	152	228
6	73	146	219
7	18	36	54
8	53	106	159
9	50	100	150
10	50	100	150
11	70	140	210
12	50	100	150
13	56	112	168
14	43	86	129
15	55	110	165
16	48	96	144
17	60	120	180
18	69	138	207
19	79	158	237
20	50	100	150
21	50	100	150
22	50	100	150
23	64	128	192
24	65	130	195
25	71	142	213
26	65	130	195
27	65	130	195
28	46	92	138
29	55	110	165
30	65	130	195
31	80	160	240
32	50	100	150
33	77	154	231
34	66	132	198

3.2. Planteo formal

Habiendo determinado todos los parámetros requeridos para el planteo del modelo de programación matemática, se procede a la estructuración del mismo. El problema puede formularse como un modelo de programación lineal entera. Si consideramos la siguiente definición de índices y variables:

- i, j : Índices asociados a los campos, $i, j = 0, \dots, n$. El cero identifica al depósito.
- k : Índice asociado a los vehículos, $k = 1, \dots, K$.
- C_{ij} : Costo de trasladarse desde i hasta j .
- x_{ij}^k : $\begin{cases} 1, & \text{si el arco } (i,j) \text{ es utilizado por el vehículo } k. \\ 0, & \text{en otro caso.} \end{cases}$
- u_i : Variable auxiliar continua empleada para evitar la formación de subtours.
- q_i : Demanda existente en i .
- st_i^k : Tiempo de servicio de la demanda i por el vehículo k .
- tt_{ij}^k : Tiempo de viaje desde i hasta j del vehículo k .
- Q_k : Capacidad de carga del vehículo, en este caso 360 alzas.

- T_k : Tiempo máximo de cada viaje, en este caso 10 h.

Considerando que la empresa cuenta con un solo vehículo, podría parecer que el modelo se simplifica drásticamente. Sin embargo, ello no es cierto, porque si bien la empresa posee un solo vehículo, a los fines matemáticos, se requiere modelarlo con k vehículos representando cada uno de ellos las k rutas que se realizan en los k días de la cosecha.

El modelo asociado al problema, que está basado en [7], es el siguiente:

$$\text{Minimizar FO} = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \sum_{k=1}^K C_{ij} x_{ij}^k \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=0}^n \sum_{k=1}^K x_{ij}^k = 1, \forall j, j = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{j=0}^n \sum_{k=1}^K x_{ij}^k = 1, \forall i, i = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$\sum_{i=0}^n x_{ih}^k - \sum_{j=0}^n x_{hj}^k = 0, \forall k, k = 1, \dots, K, \forall h, h = 0, \dots, n \quad (4)$$

$$\sum_{i=0}^n q_i \sum_{j=0}^n x_{ij}^k \leq Q_k, \forall k, k = 1, \dots, K \quad (5)$$

$$\sum_{i=0}^n s_i^k \sum_{j=0}^n x_{ij}^k + \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n t_{ij}^k x_{ij}^k \leq T_k, \forall k, k = 1, \dots, K \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{0j}^k \leq 1, \forall k, k = 1, \dots, K \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{i0}^k \leq 1, \forall k, k = 1, \dots, K \quad (8)$$

$$u_i - u_j + n x_{ij}^k \leq n-1, \forall i, j, i \neq j, i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, n, \forall k, k = 1, \dots, K \quad (9)$$

$$x_{ij}^k \in \{0,1\}, \forall i, i = 1, \dots, n, \forall j, j = 1, \dots, n, \forall k, k = 1, \dots, K \quad (10)$$

$$u_i \geq 0, \forall i, i = 1, \dots, n \quad (11)$$

La expresión (1) representa la función objetivo que debe minimizarse: la suma de los costos vinculados a las distancias recorridas por el vehículo. Las expresiones (2) y (3) aseguran que cada vehículo visite cada nodo de demanda. Por otra parte, mediante la expresión (4) se busca mantener la continuidad de las rutas, ya que exige que, si un vehículo entra a un nodo, entonces tenga que salir. Además, por medio de las expresiones (5) y (6) se respeta la capacidad del vehículo, así como su tiempo máximo de viaje. Las inecuaciones (7) y (8) especifican el número de rutas que se emplearán. La restricción (9) se utiliza para impedir la generación de subtours. La expresión (10) declara la naturaleza binaria de las variables x_{ij}^k . Finalmente, mediante la expresión (11) se define que las variables u_i deben ser números reales no negativos.

4. ALGORITMO METAHEURÍSTICO DE RESOLUCIÓN.

En el presente caso en particular, se optó por plantear el modelo de programación lineal entera a modo de referencia según se indicó anteriormente, aunque la resolución propuesta se efectuó mediante un método heurístico constructivo fundamentado en la selección iterativa de los caminos más económicos en distancia, costo y tiempo. Los recursos de cómputo que se deben invertir para resolver este problema crecen de manera exponencial a medida que se incrementa el tamaño del problema, es decir, la cantidad de nodos a ser visitados por los vehículos, tal como sucede en el caso del problema considerado cuyos nodos asociados son 34. Para este tipo de problemas resulta a menudo de interés obtener soluciones aproximadas, para que puedan ser generadas con rapidez y que sean de buena calidad para ser empleadas en el proceso decisorio.

Por esta razón se han diseñado algoritmos que no aseguran la optimalidad, pero consiguen generar soluciones de buena calidad para estos problemas de difícil resolución empleando esfuerzos de cómputo razonables. Se trata de los procedimientos heurísticos, que representan un conjunto de metodologías muy amplia y de compleja clasificación, que en los últimos tiempos han resuelto problemas incluidos en la clase NP-Hard de manera competente [8].

En términos generales, los procedimientos heurísticos pueden ser de dos tipos: de mejora y constructivos [6]. En un principio, las heurísticas se ideaban como procedimientos diseñados a la medida del problema que se deseaba resolver, por lo que su rango de aplicabilidad resultaba limitado a los supuestos adoptados en el diseño. Posteriormente, surgieron estrategias globales que

resultaban apropiadas para abordar la resolución de un conjunto de problemas. Se trata de los procedimientos metaheurísticos.

Por otra parte, la función objetivo considerada, depende de las propiedades y las particularidades del problema. En el problema considerado en este trabajo se pretende minimizar el costo total del traslado de las colmenas.

La metaheurística propuesta para el problema CVRP bajo estudio consiste, comenzando siempre desde la ciudad donde se ubica la planta de la empresa, en seleccionar mediante un procedimiento iterativo aquellas rutas que tiendan a dar lugar a la menor distancia recorrida y, por ende, a los menores costos y tiempos.

El algoritmo propuesto tiene la estructura de un procedimiento de recocido simulado (SA, Simulated Annealing en inglés). El recocido simulado es un método de búsqueda local que se desarrolló a partir de una analogía con el fenómeno de recocido [9] para resolver problemas complejos de optimización. Los métodos de búsqueda local buscan la solución con un mejor valor del criterio elegido en el entorno de la solución actual, la aceptan como la solución actual y repiten este procedimiento hasta que no resulte posible mejorar la solución en el entorno explorado. Mediante la aplicación sistemática de este procedimiento se obtiene, en general, un óptimo local para el problema. Para evitar quedar atrapado en un óptimo local, se debe incorporar un mecanismo de diversificación con el fin de explorar adecuadamente el espacio de soluciones. En la meta-heurística de recocido simulado, la estrategia de diversificación permite movimientos, con cierta probabilidad, hacia soluciones que empeoran el valor actual de la función objetivo. El recocido simulado ya ha demostrado su capacidad de resolución, por ejemplo, de diversos problemas complejos de programación de la producción [10], [11], [12].

Para obtener una buena aproximación a la solución óptima del problema durante el proceso de búsqueda, resulta necesario reiniciar la búsqueda regularmente desde una de las soluciones aceptadas durante el proceso de búsqueda seleccionada al azar. El algoritmo SA incorpora los parámetros clásicos del recocido simulado:

- T : Parámetro de control, que simula la temperatura en el proceso metalúrgico del recocido), valor positivo que varía desde un valor inicial mayor, T_0 , a otro que es menor, T_f , durante la ejecución del algoritmo.
- N_T : Número de iteraciones realizadas por el algoritmo para cierto valor de T .
- α : Función en T , $\alpha = \alpha(T)$, que determina la variación de T . En general $\alpha(T) = \alpha T$, en la práctica $\alpha \in [0.8, 0.99]$.
- N_{stop} : Número máximo de iteraciones permitidas sin mejora.

Se aplica el siguiente pseudo-código para determinar un conjunto de soluciones potencialmente óptimas.

i. Inicio

Se utiliza un procedimiento constructivo aleatorizado para generar una solución inicial, S_0 .

Se evalúa $FO(S_0)$, empleando la expresión (1).

S_0 se adopta como solución actual S_A , $N_{cont} = t = 0$, $T = T_0$.

ii. Iteración t

Se genera aleatoriamente una solución candidata en el entorno de S_A , $S_C \in V(S_A)$.

Se evalúa $FO(S_C)$.

Se calcula $\Delta FO = FO(S_C) - FO(S_A)$.

Si $\Delta FO \leq 0$, la nueva solución es aceptada: $S_A \leftarrow S_C$, $N_{cont} = 0$.

En otro caso, S_C es aceptada con la siguiente probabilidad $PA = e^{-\Delta FO/T}$.

Se genera un número aleatorio ξ uniformemente distribuido en el intervalo $[0, 1]$:

$$\begin{cases} \text{si } \xi \leq PA, S_A \leftarrow S_C, N_{cont} = 0, \\ \text{si } \xi > PA, S_A \leftarrow S_A, N_{cont} = N_{cont} + 1. \end{cases}$$

$t \leftarrow t + 1$: Si t es un múltiplo de N_T , entonces $T = \alpha T$, en otro caso el valor de T se mantiene. Si $N_{cont} = N_{stop}$ o $T < T_f$, se detiene la ejecución, en otro caso se continúa la ejecución.

El algoritmo fue programado mediante la interfaz de Visual Basic for Applications (VBA) de MSExcel.

5. RESULTADOS.

A partir de la ejecución del algoritmo se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3 Resultados obtenidos mediante el algoritmo.

Día	Costo [\$]	Ruta	Tiempo en Ruta [min]	Carga en Ruta [alzas]
1	770	0-28-13-4-0	596	304
2	732	0-15-16-12-0	592	306
3	473	0-8-26-0	440	236
4	514	0-7-30-27-0	537	296
5	728	0-22-32-20-0	582	300
6	507	0-23-11-0	494	268
7	507	0-5-25-0	533	294
8	586	0-6-19-0	562	304
9	926	0-3-14-2-0	543	250
10	757	0-1-31-0	554	278
11	655	0-9-10-29-0	584	310
12	705	0-34-33-0	557	286
13	860	0-21-17-0	486	220
14	1009	0-24-18-0	585	268
Total	9728		7645	3920

Finalmente, se representan gráficamente las rutas obtenidas en la Figura 2.

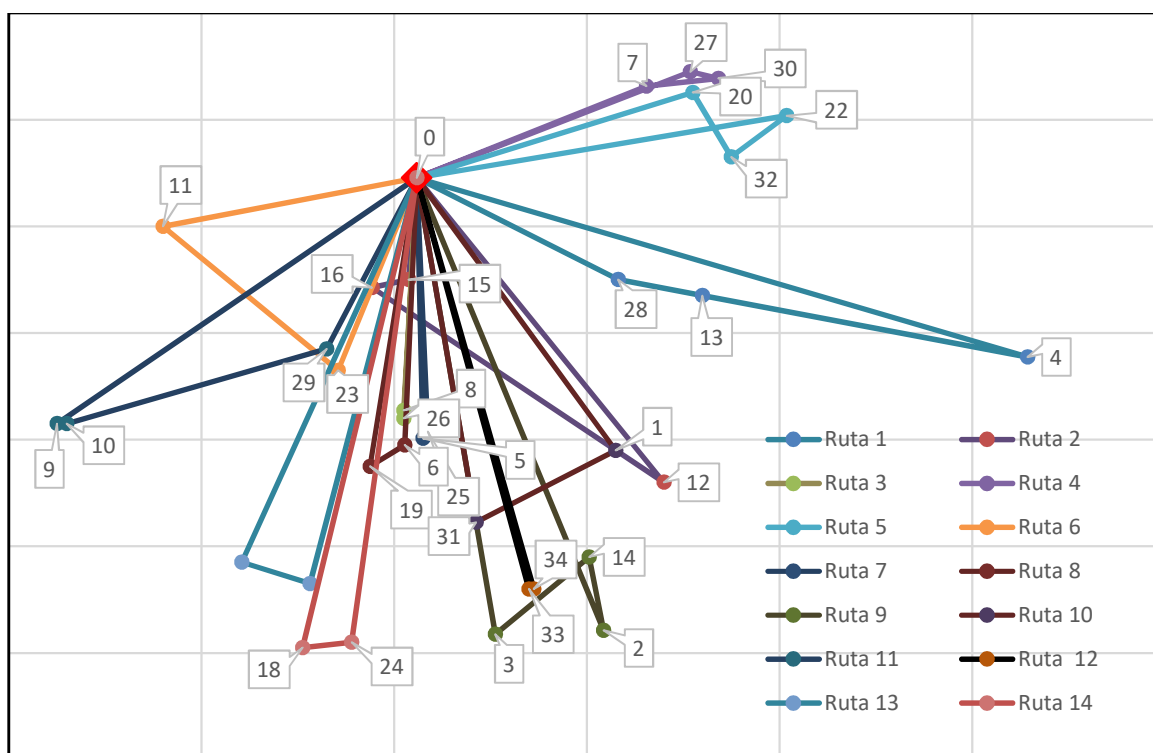


Figura 2 Representación gráfica de la solución.

6. CONCLUSIONES.

En el presente trabajo se ha planteado y resuelto en forma aproximada un problema fundamental para una empresa apícola relacionado con la logística de colmenas en el proceso de cosecha de miel. Esto se logró a través de la modelización mediante la programación lineal entera, a partir de un caso particular del VRP denominado CVRP (Capacitated Vehicle Routing Problem) y su resolución aproximada por medio de un método metaheurístico constructivo basado en la selección iterativa de los caminos más económicos en distancia, costo y tiempo.

Cabe consignar que el problema de la logística de colmenas resulta fundamental para la firma por dos razones:

- Por un lado, los costos que incurre la empresa en esta etapa son muy importantes debido a la intensidad con que se trabaja en este periodo, contratando empleados temporales y consumiendo grandes cantidades de combustible.
- Por otro lado, la cosecha de miel es la etapa más importante del ciclo productivo de la empresa, y de hecho visitar todos los colmenares en el mínimo tiempo una vez iniciada esta etapa tiene implicancias no solo relacionadas con los costos de logística y mano de obra como se señaló anteriormente, sino también con el nivel de productividad y rendimiento de las colmenas, expresado en kg de miel por colmena. En efecto, resulta fundamental visitar cada colmenar tan seguido como sea posible para retirar la miel producida por cada colmena y así estimularla a seguir produciendo y no conformarse con las reservas acumuladas ni permitir que se queden sin espacio para seguir almacenándola.

Se deduce de lo antes dicho la importancia del problema resuelto en el presente trabajo para la firma, solución que permitiría a la firma planificar más eficientemente las actividades vinculadas con la logística de las colmenas en la etapa de cosecha de miel, minimizando los costos y tiempos insumidos, y contribuyendo a la maximización de la productividad de los apiaros.

Finalmente, se considera oportuno señalar que la solución alcanzada, si bien se ha obtenido realizando algunas simplificaciones, resulta satisfactoria desde un punto de vista práctico y sienta las bases para realizar estudios de mayor profundidad y exactitud que permitirían alcanzar una solución óptima para este problema de vital importancia para la firma en cuestión, y para aquellas empresas en las cuales la planificación eficiente de la logística sea vital para alcanzar resultados exitosos.

4. REFERENCIAS.

- [1] Ballou, Ronald H. (2004). Logística: Administración de la cadena de suministro. Quinta edición. Pearson Educación. México.
- [2] Chopra, Sunil; Meindl, Peter (2007). Supply chain management: Strategy, planning, and operation. Tercera edición. Pearson - Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey.
- [3] Ross, David Frederick (2015). Distribution: Planning and control, managing in the era of supply chain management. Tercera edición. Springer Science+Business Media. New York.
- [4] Taha, Hamdy A. (2004). Investigación de Operaciones. Séptima Edición. Prentice Hall. México.
- [5] Dantzig, G. B.; Ramser, J. H. (1959). "The truck dispatching problem". Management Science. Vol. 6, no. 1, pp. 80-91.
- [6] Laporte, G. (2007). "What You Should Know about the Vehicle Routing Problem". Naval Research Logistics. Vol. 54, no. 8, pp. 811-819.
- [7] Bodin, L.; Golden, B.; Assad, A.; Ball, M. (1983). "The state of art in the routing and scheduling of vehicles and crews". Computers & Operations Research. Vol. 10, no.2, pp. 63-212.
- [8] Jourdan, L.; Basseur, M.; Talbi, E-G.: (2009). "Hybridizing exact methods and metaheuristics: A taxonomy". European Journal of Operations Research. Vol. 199, no. 3, pp. 620-629
- [9] Kirkpatrick, S.; Gelatt, C. D.; Vecchi, M. P. (1983). "Optimization by simulated annealing". Science, Vol. 220, no. 4598, pp. 671-680.
- [10] Osman, I. H.; Potts, C. N. (1989). "Simulated annealing for permutation flow-shop scheduling". Omega. Vol. 17, no. 6, pp. 551-557.
- [11] Low, C. (2005). "Simulated annealing heuristic for flow-shop scheduling problems with unrelated parallel machines". Computers and Operations Reserach. Vol. 32, no. 8, pp. 2013-2025.
- [12] Vahedi Nouri, B., Fattahi, P., Ramezani R. (2013). "Hybrid firefly-simulated annealing algorithm for the flow-shop problem with learning effects and flexible maintenance activities". International Journal of Production Research. Vol. 51, no. 12, pp. 3501-3515.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer la financiación recibida de la Universidad Nacional del Sur para el proyecto de investigación PGI 24/ZJ34.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE DOS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA LA OBTENCIÓN DE CARBONATO DE LITIO EN LA PUNA ARGENTINA

Thames Cantolla, Martin; Valdez, K. Silvana; Tinte Montalbetti, María; Abregú, Blanca A.; Orce, Agustina

*Facultad de Ingeniería, INBEMI. Universidad Nacional de Salta
Av. Bolivia 5150. core.mtc@hotmail.com*

RESUMEN

En los últimos años cobró importancia mundial la explotación del litio debido a que se incrementaron los requerimientos por parte de la industria electrónica. En Argentina, actualmente la explotación de salmueras con contenido económico de litio se realiza en distintos salares de la puna salteña, jujeña y catamarqueña. El objetivo de este trabajo es realizar un estudio comparativo de procesos de obtención de productos refinados de litio (Li_2CO_3 ; LiCl y Li_3PO_4). El estudio se restringe a la obtención de carbonato de litio por medio de dos procesos: uno directo y otro a partir de un producto intermedio (Li_3PO_4). Para ello se estudiaron los procesos para la recuperación de productos refinados de litio a partir de salmueras de la Puna, haciendo énfasis en los costos de producción involucrados. Se calculó la contribución marginal conjunta de cada línea productiva, a través de la recuperación de productos y sub productos de las salmueras. Se calculó también el punto de equilibrio, indicador económico de interés empresarial. Los resultados de este estudio pueden utilizarse como herramientas para la gestión operativa y logística de este tipo de procesos.

Palabras Claves: producción, carbonato, litio, costos, proceso

ABSTRACT

In recent years, the exploitation of lithium was of global importance because of the increasing requirements of the electronics industry. In Argentina, the exploitation of brines with economic content of lithium is currently carried out in different salars of the Puna Salteña, Jujeña and Catamarqueña. The objective of this work is to carry out a comparative study of the processes of obtaining refined lithium products (Li_2CO_3 , LiCl and Li_3PO_4). This work is restricted to the production of lithium carbonate by means of two processes: one direct and the other from an intermediate product (Li_3PO_4). An analysis of the production costs involved and the joint marginal contribution of each line of production, measured through the recovery of products and by-products of brines from the Argentine Puna is carried out. The equilibrium point (an economic indicator of business interest) was also calculated. The results of this study can be used as tools for the operational and logistics management of this type of processes.

Keywords: production, carbonate, lithium, costs, process

1. INTRODUCCION

El litio en el Mundo

Hasta hace quince años, el litio era utilizado solo por fabricantes de vidrio, cristal cerámico, grasas lubricantes y por la industria farmacéutica para desarrollar antidepresivos. La demanda aumentó con el desarrollo de la tecnología; esto implica la búsqueda de componentes más livianos y baterías de mayor resistencia. Estas baterías de ion de litio (o Li-Ion) están basadas en diferentes sistemas electroquímicos en los que el litio constituye el electrodo negativo. Desde el año 2000 la demanda de litio viene creciendo alrededor de 30% por año [1].

Actualmente el litio desempeña un rol central en la industria automotriz, como componente de las baterías recargables para automóviles eléctricos (EV) e híbridos (HEV). El 25% de la producción mundial de litio se utiliza para baterías de autos, celulares, cámaras digitales, notebooks y tablets. El 30%, para el sector metalúrgico, aires acondicionados y medicina. El otro 50% lo demandan las industrias aeroespaciales, de cerámica y de lubricantes [1].

La producción de litio a escala mundial es de aproximadamente unas 35.000 toneladas métricas (t), mientras que las reservas identificadas globalmente son de alrededor de los 14.000.000 t. En la Tabla 1 se indican los valores de producción y reservas de litio correspondiente a los dos últimos años [2,3].

Tabla 1. Producción y reservas de Litio por Países.

PAIS	PRODUCCION (t)		RESERVAS (t)
	2015	2016	
Argentina	3.800	5700	2.000.000
Australia	13.400	14300	1.600.000
Brasil	160	200	48.000
Chile	11.700	12000	7.500.000
China	2.200	2000	3.200.000
Portugal	300	200	60.000
Zimbawue	900	900	23.000
TOTAL	32.460	35300	14.431.000

Por su parte, Sudamérica presenta una zona llamada “Triángulo del Litio” (Bolivia, Chile y Argentina) la cual posee el 85% de las reservas mundiales. En donde Bolivia concentra en el Salar de Uyuni el 50% de las reservas mundiales de litio, mientras que Chile posee el 25%. El porcentaje restante se concentra en Argentina.

El litio en Argentina

En las provincias de Salta, Jujuy y Catamarca se encuentran las mayores reservas de litio de Argentina. En la Tabla 2 se puede apreciar los yacimientos de Litio en cada provincia [4].

Tabla 2. Principales yacimientos de litio en Argentina

Provincia	Yacimiento
Salta	➤ Salar Centenario
	➤ Salar de Arizaro.
	➤ Salar de Llullaillaco.
	➤ Salar del Rincón.
	➤ Salar de Incahuasi.
	➤ Salar Uyuni.
Catamarca	➤ Salar del Hombre Muerto.
Jujuy	➤ Salar de Olaroz.
	➤ Salar Chancará.
	➤ Salar Laguna de los Pozuelos.
	➤ Salinas Grandes

El mineral de litio es procesado física y químicamente por métodos diversos de acuerdo a la naturaleza de la fuente primaria y luego comercializado en el mercado internacional,

principalmente como carbonato (Li_2CO_3), cloruro (LiCl) y en menor medida, como hidróxido ($\text{Li}(\text{OH})$). Estos commodities pueden ser utilizados directamente como materia prima en diversos bienes, o ser insumo de procesos industriales que buscan agregado de valor.

El cloruro de litio, por su parte puede ser considerado un producto primario cuando es obtenido a partir de salmueras o secundario cuando se obtiene a partir del carbonato de litio. Cabe destacar que, el hidróxido también puede ser obtenido a partir del carbonato de litio a razón de 1 tonelada por cada 0,88 toneladas de carbonato.

La forma más normal de comercialización de litio es el carbonato, por lo que las estadísticas de comercio internacional usuales estén expresadas en "Carbonato de Litio Equivalente" (LCE). Las diferentes formas de explotación del litio según la naturaleza de la reserva explotada (salmuera o mineral) y las diversas aplicaciones finales que se le asignen al commodity explican que su comportamiento en el mercado sea diferente a otros tradicionales, en particular el cálculo de producción total, exportaciones, importaciones y precios [2].

El uso de productos y subproductos

Dentro del proceso de obtención del carbonato de litio a partir de salmueras, se obtienen (como desechos) una importante variedad de subproductos. Muchos de ellos tienen interesantes usos, los mismos se muestran en la Tabla 3, en donde además de mencionarlos se presentan las aplicaciones de cada uno de ellos [5, 6, 7, 8, 9,10].

Tabla 3. Productos y Subproductos de Litio

Producto/Subproducto	Usos
Carbonato de litio	➤ Es un componente clave en la formulación del vidrio cerámico. ➤ Se usa en psiquiatría para tratar el trastorno bipolar, la depresión mayor recurrente, trastorno límite de la personalidad y el trastorno esquizoafectivo, ➤ Se utiliza en la producción de barnices para porcelana y cerámicas eléctricas. ➤ Se emplea en el recubrimiento de electrodos para soldadura al arco. ➤ Utilizado como ingrediente de pinturas, barnices y colorantes luminiscentes.
Carbonato de Calcio	➤ Se usa en la producción de cauchos naturales y sintéticos. ➤ Proporciona mayor poder de cobertura, aumentando así el rendimiento en pinturas de alta calidad, sintéticas de aceite y en otros revestimientos. ➤ Para mejorar los rendimientos de todo tipo de alimento para animales. ➤ En hules y plásticos, especialmente en PVC plastificado, rígido y poliolefinas. ➤ Como relleno mineral para lograr una alta retención de humedad, mejorar la consistencia y secado de la masa final, mejorar el aspecto de los jabones y controlar el peso final del producto.
Carbonato de Magnesio	➤ Ingrediente para fabricar antiácidos y laxantes. ➤ Es útil en las quemaduras, especialmente las producidas por ácidos. ➤ Para hacer aterciopeladas las mezclas de polvos para la cara y evitar que se apelotonen. ➤ Se usa como absorbente de la nitroglicerina, debido a su alto poder de absorción e inercia se utiliza con mucho éxito como portador del tetra cloruro de carbono en la manufactura de pólvora, ➤ Sirve para dar cuerpo y superficie especial, así como blancura realzada en la fabricación de papel para cigarrillos, retarda la combustión y la hace regular y pareja. ➤ Es un excelente medio de suspensión en las pinturas cuando se usan pigmentos de tipo denso. ➤ La adición del 1% a la sal de mesa impide la formación de pelotones y preserva sus condiciones para escurrirse libremente. ➤ Se usa extensamente como refuerzo en cauchos para dar cuerpo en los tipos de colores más claros, mejora las

	cualidades mecánicas del producto definitivo y aumenta la resistencia y la elasticidad.
Hidróxido de Magnesio	➤ Es un antiácido usado para aliviar la pirosis. ➤ Se utiliza como agente alternativo, en la precipitación de metales pesados (Fe, Cu, Zn. y Ni) de un efluente simulado a pH 1, en un sistema batch. ➤ Puede usarse como carga ignífuga para materiales plástico. ➤ Se emplea en el refinado del azúcar
Cloruro de potasio	➤ Fertilizantes ➤ Farmacéutica ➤ Alimenticia ➤ Construcción ➤ Agro ➤ Hemodiálisis y soluciones intravenosas ➤ Agente reductor para metales y enchapado metálico
Cloruro de Sodio	➤ El cloruro de sodio pasa por un proceso de electrólisis y así se obtiene cloro, producto que es utilizado para crear PVC y diferentes pesticidas. ➤ Es utilizado en el curtido de cuero. Las pieles de los animales que ahí se utilizan son curadas con sal, esto ayuda a eliminar la humedad. ➤ Alimentación humana y animal.

2. ALTERNATIVAS DE PRODUCCION

De acuerdo a lo mencionado con anterioridad, el principal producto de litio que se comercializa en Argentina es el carbonato de litio. Siendo su valor comercial de aproximadamente u\$s 7800 por tonelada. Esto lo convierte en el producto “estrella” de la mayoría de las empresas que actualmente se encuentran trabajando con este recurso.

En este trabajo se realiza el análisis comparativo de dos alternativas de producción del Carbonato de litio, una en la cual el producto se obtiene de manera directa y otro en el cual se obtiene un subproducto intermedio (fosfato de litio).

A fines de analizar en detalle: operaciones, equipamiento, consumos y condiciones operativas, se trabajó una planilla de cálculo. Mediante esta herramienta se calcularon los balances de materia y energía para los procesos de obtención de carbonato de litio de alta pureza, como base de cálculo se tomó el procesamiento de 1 t/h de carbonato de litio grado técnico. Cabe mencionar que muchos de los datos considerados en la planilla fueron extraídos de trabajos anteriores de los autores de este trabajo, como así también de datos reales de la industria y valores de propiedades físicas y térmicas obtenidas experimentalmente por el equipo de trabajo.

Cabe destacar que ambos procesos (con algunas modificaciones) son llevados a cabo actualmente por diferentes empresas de la zona, siendo su identificación de carácter confidencial.

Para continuar el trabajo se identificarán los procesos como: PROCESO A y PROCESO B, y se realizará una descripción simplificada de cada uno de ellos.

2.1. PROCESO A

Este proceso es conocido como el “proceso clásico” el cual ha sido y es llevado a cabo por algunas empresas. El mismo sufre algunas modificaciones de acuerdo a las condiciones iniciales de la salmuera. A continuación se describen de manera simplificada las etapas que se llevan a cabo en dicho proceso. En la Figura 1 se presenta un diagrama simplificado dicho proceso.

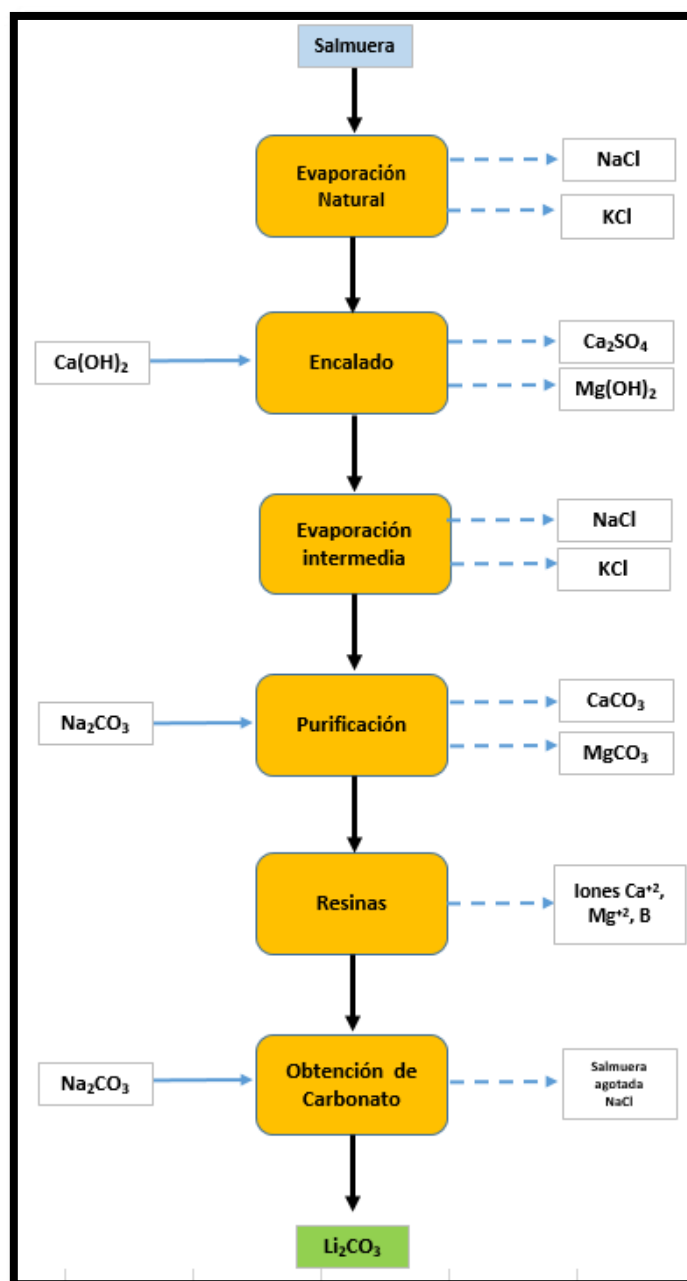


Figura 1. Diagrama PROCESO A

Evaporación natural

El proceso inicia extrayendo la salmuera del salar con bombas, que la transportan por cañería de PVC hacia piletas de evaporación natural en donde la salmuera permanece hasta alcanzar entre 700-2000 ppm de Li^+ . El tiempo de permanencia de la salmuera en las piletas dependerá de la concentración inicial, cuanto mayor sea la concentración de Na^+ , K^+ y Li^+ , menor será el tiempo. En esta etapa se busca reducir las sales que acompañan al litio. Estas son: NaCl y KCl,

Encalado

En esta etapa la salmuera previamente evaporada de la etapa anterior se purifica mediante la reacción con hidróxido de calcio. El agregado del hidróxido elimina las impurezas de magnesio y sulfato presentes en la salmuera que se está tratando.

Evaporación intermedia

Luego de haber eliminado las impurezas, la salmuera se encuentra lista para una evaporación intermedia en la cual se busca eliminar las sales que hayan quedado presentes en la salmuera y aumentar la concentración de litio. En esta etapa precipitan sales como el NaCl y el KCl.

Purificación

Luego de haberse eliminado la mayor cantidad de las impurezas presentes como sales, la salmuera pasa a una etapa de purificación en donde se agrega carbonato de sodio (reactivo de mayor costo) con el propósito de eliminar las impurezas de magnesio y calcio como carbonatos.

Paso por Resinas

El paso de la salmuera por todas las etapas anteriores nos da como resultado una solución con reducida presencia de iones Ca^{+2} , Mg^{2+} y B pero que continúan representando una impureza para el producto final que se quiere obtener (carbonato de litio).

Es por ello que se hace pasar la salmuera por resinas de intercambio iónico, en donde los iones mencionados anteriormente quedan retenidos y se obtiene una solución con una mejor pureza.

Obtención de Carbonato

Finalmente la solución es tratada nuevamente con carbonato de sodio, ahora con el objeto de obtener como producto carbonato de litio. Cabe mencionar que en esta etapa se vuelve a obtener cloruro de sodio pero en menor cantidad que en las etapas anteriores.

Una vez que conocemos el proceso, es de interés analizar cuáles son los costos vinculados con el mismo. En la Tabla 4 se presenta un resumen de los costos anuales que se incurren para la realización de dicho proceso. Cabe mencionar que estos valores son aproximados y no tienen vinculación directa con ninguna empresa por lo que los valores podrían presentar importantes diferencias con los que una minera trabaja mensualmente. El costo de mano de obra directa corresponde a la contratación de 15 operarios del sector productivo mientras que la mano de obra indirecta involucra 7 personas entre gerente y administrativos. Los costos fijos incluyen: servicios, mantenimiento, insumos, gastos administrativos y comerciales.

Tabla 4. Costos del PROCESO A

Ítem	Costo Aproximado
Mano de Obra Directa	\$ 7.548.905,00
Mano de Obra Indirecta	\$ 4.336.605,00
Costos Fijos	\$ 15.157.848,24
Costos Variables unitarios	\$ 84.141,18

También se analizaron las cantidades de producto y subproductos que se pueden obtener con dicho proceso. Las mismas se encuentran expuestas en la Tabla 5, en donde además del tipo de compuesto, se detallan las cantidades y cual son los precios de mercado de cada uno de ellos. Las cantidades presentadas se obtuvieron a partir de balances de materia teóricos considerando un 5% de exceso para los reactivos y considerando que la salmuera a procesar contiene 0,4% de Li^+

Tabla 5. Productos y Subproductos del PROCESO A

Producto/Subproducto	Cantidad (t)	Precio de Mercado (\$/t)
Carbonato de Litio	1,01	137.670
Cloruro de Sodio	130,90	17.000
Sulfato de Calcio	4,86	6.000
Hidróxido de Magnesio	4,36	3.000
Carbonato de Calcio	7,44	27.000

Una vez conocidas la cantidad de carbonato de litio, su precio de mercado y los costos que se incurren en el proceso, se puede calcular la contribución marginal de este producto y su punto de equilibrio. El mismo se observa en la Tabla 6.

Tabla 6. Contribución Marginal y Punto de Equilibrio del PROCESO A

Producto	Contribución Marginal unitaria (\$/t)	Punto de Equilibrio (t)
Carbonato de Litio	53.528,82	608,37

2.2. PROCESO B

Este proceso presenta algunas modificaciones con respecto al PROCESO A, generando un producto de litio en una etapa intermedia, antes de obtener el carbonato de litio. A continuación se describen brevemente las etapas que se llevan a cabo en dicho proceso. En la Figura 2 se presenta un diagrama simplificado de dicho proceso.

Purificación 1

El proceso inicia con el tratamiento de la salmuera con hidróxido de calcio, el mismo es agregado a la salmuera para la eliminación de impurezas de calcio y magnesio (al igual que en el PROCESO A).

Purificación 2

Luego la salmuera es tratada con carbonato de sodio con el objeto de continuar eliminando las impurezas de calcio y magnesio que hayan quedado disueltas y no hayan sido eliminadas en la etapa anterior. En este caso, las impurezas se obtienen en forma de carbonatos en ambos casos (carbonato de calcio y carbonato de magnesio).

Obtención Fosfato de Litio

La solución que ya ha sido purificada en dos etapas anteriores, es tratada con fosfato de sodio, para obtener el fosfato de litio cristalizado, el cual es tratado en la etapa siguiente. Cabe destacar que en esta etapa se obtiene como desecho cloruro de sodio.

Tratamiento ácido

En esta etapa se trata el fosfato de litio obtenido anteriormente con ácido sulfúrico, esto se realiza para llevar el litio a solución y continuar eliminado cualquier impureza que pueda contener.

Evaporación intermedia

La solución purificada es calentada con el objeto de eliminar el agua y obtener cristales de sulfato de litio.

Resinas

La solución es acondicionada a pH básico y se la purifica con intercambio iónico. El objetivo de esta etapa es reducir la concentración de boro, calcio y magnesio que afectan la calidad del producto final (carbonato de litio).

Obtención carbonato

Finalmente a la solución se le agrega nuevamente carbonato de sodio para lograr el precipitado del carbonato de litio. En esta etapa, se obtiene como desecho el sulfato de sodio.

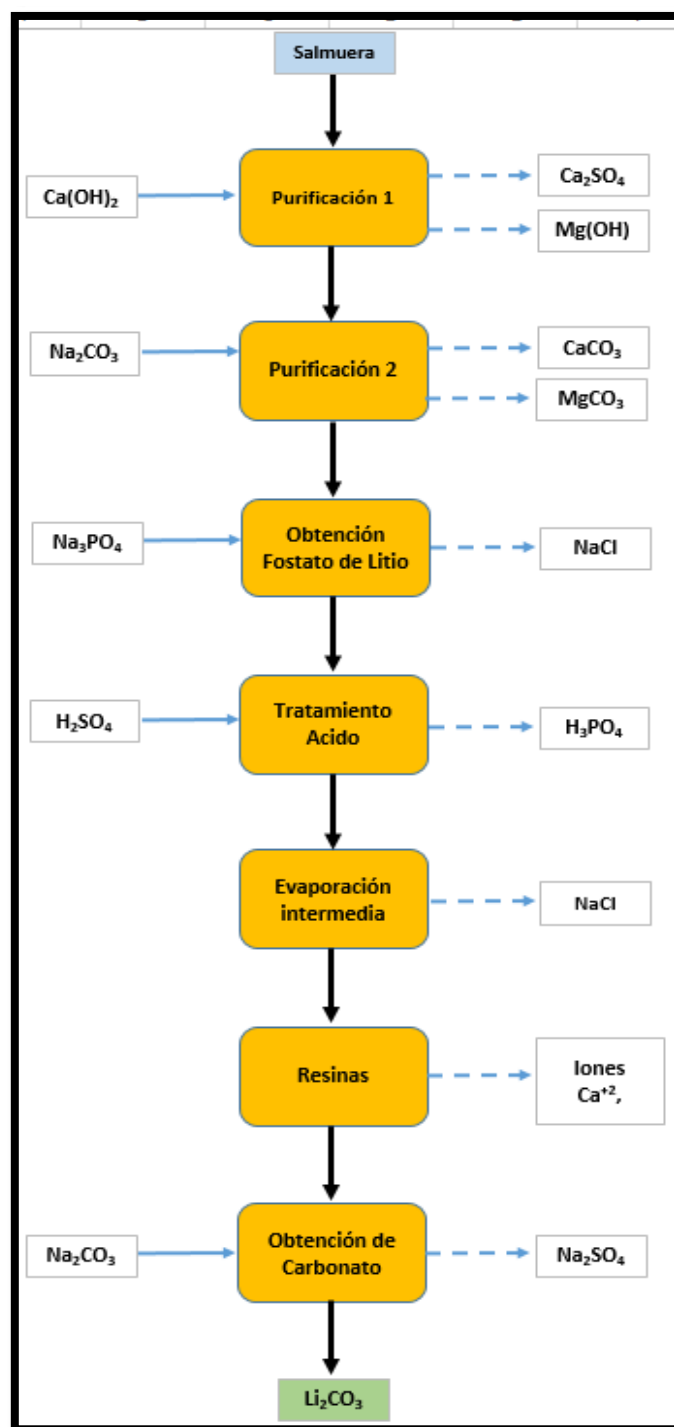


Figura 2. Diagrama PROCESO B

En la Tabla 7, se presentan los costos del PROCESO B. Para el cálculo del costo de mano de obra directa se contemplaron 19 operarios del sector productivo mientras que la mano de obra indirecta involucra 7 personas entre gerente y administrativos. Los costos fijos incluyen: servicios, mantenimiento, insumos, gastos administrativos y comerciales.

Tabla 7. Costos del PROCESO B

Ítem	Costo Aproximado
Mano de Obra Directa	\$ 9.476.285,00
Mano de Obra Indirecta	\$ 4.336.605,00
Costos Fijos	\$ 15.157.848,24
Costos Variables unitarios	\$ 95.969,55

También se analizaron las cantidades de producto y subproductos que se pueden obtener con dicho proceso. Las mismas se encuentran expuestas en la Tabla 8, en donde además del tipo de compuesto, se detallan las cantidades y los precios de mercado de cada uno de ellos.

Tabla 8. Productos y Subproductos del PROCESO B

Producto / Subproducto	Cantidad (t)	Precio de Mercado (\$/t)
Carbonato de Litio	0,99	137.670
Cloruro de Sodio	112,51	15.000
Sulfato de Calcio	4,859	6.000
Hidróxido de Magnesio	4,36	3.000
Carbonato de Calcio	7,44	29.000
Ácido Fosfórico	0,89	50.000
Sulfato de Sodio	1,91	2.800

Al igual que en el proceso anterior, una vez conocidas la cantidad de carbonato de litio, su precio de mercado y los costos que se incurren en el proceso, se puede calcular la contribución marginal de este producto y su punto de equilibrio. El mismo se observa en la Tabla 9.

Tabla 9. Contribución marginal y Punto de equilibrio del PROCESO B

Producto	Contribución Marginal unitaria (\$/t)	Punto de Equilibrio (t)
Carbonato de Litio	41.700,45	844,41

Finalmente, realizado el análisis de cada proceso por separado, se procede a compararlos.

3. COMPARACIÓN

Para el análisis de los procesos se tuvieron las siguientes consideraciones:

- Costos Variables: generados por las materias primas, insumos, servicios (gas natural y agua industrial) y transporte (costo por tonelada transportada).
- Costos Fijos, generados por la mano de obra que involucra: 1 jefe de producción, 10 operarios de producción para el PROCESO A y 14 para el PROCESO B, 2 operarios de mantenimiento y 2 analistas de laboratorio por turno de trabajo. Además de 5 administrativos, 1 jefe de ventas y un gerente general. Se consideran también los costos fijos de los servicios, las depreciaciones y amortizaciones, mantenimiento de equipos y de los sistemas de gestión, gastos comerciales, administrativos y financieros.
- Inversiones en activos fijos: terreno, edificios e instalaciones industriales, equipamiento para la producción y auxiliares, 5 rodados. Inversiones en intangibles como organización de la empresa, patentes, puesta en marcha, capacitación del personal e implementación de un sistema de gestión. Además de un ítem por imprevistos.
- Tipo de Cambio: 17,65\$/US\$.
- Se consideró trabajar la misma salmuera en ambos casos (0,4 % Li).
- Los reactivos son agregados con un 5% en exceso debido a impurezas, rendimientos de reacciones, etc.
- El volumen de producción anual de carbonato de litio es de 50.000 t.
- Las cantidades obtenidas fueron obtenidas de manera estequiometría.
- No se considera la regeneración y reciclo de reactivos.

Para realizar la comparación de ambos procesos, se analizan los cuadros de costos, las cantidades de producto obtenido y las contribuciones marginales. En la Tabla 10 se observan las contribuciones marginales del Carbonato de Litio de ambos procesos:

Tabla 10. Contribución Marginal de ambos procesos

Proceso	Contribución Marginal Unitaria del Li_2CO_3 (\$/t)
PROCESO A	53.528,82
PROCESO B	41.700,45

De acuerdo a lo observado en las tablas anteriores de ambos procesos, podemos ver que el PROCESO A, presenta un mejor rendimiento en cuanto a volúmenes de producción y cantidades de materias primas consumidas. Lo que se traduce en una mejor estructura de costos. De la Tabla 10, podemos ver que con el PROCESO A, la contribución marginal unitaria del carbonato de litio es mayor que el PROCESO B.

Como se mencionó en las consideraciones realizadas, ambos procesos fueron evaluados utilizando la misma salmuera. Se partió del mismo volumen de salmuera y se realizaron los cálculos correspondientes a las reacciones que tendrían lugar en cada etapa (según corresponda). Comparando las Tablas de cantidades de productos/subproductos podemos ver que el PROCESO A en principio permite obtener una mayor cantidad del producto deseado (carbonato de litio).

Cabe mencionar también que los consumos energéticos se han visto reducidos en el PROCESO A, esto es debido a la menor cantidad de equipamiento empleado. Sin embargo, debe notarse que en el PROCESO B, existen diferentes reactivos que pueden regenerarse y volver a emplearse generando un ahorro en los costos de producción. Con ello se vería disminuido el Costo Variable ya que sería necesario adquirir reactivos en menor cantidad.

4. CONCLUSIONES

Pudo observarse que no existe un único proceso de obtención para uno de los productos de litio más demandados actualmente.

Con las consideraciones realizadas se pretendió lograr una comparación en iguales condiciones de trabajo: mismo volumen y mismos rendimientos en reacciones. En este caso en particular, una salmuera de 0,4% de Li^+ , el punto de equilibrio para el PROCESO A es de 608,37 t de Li_2CO_3 mientras que para el PROCESO B es de 844,41 t de Li_2CO_3 .

Si se analiza la estructura de costos, el PROCESO A (proceso clásico) resultó con mejores rendimientos, obteniéndose mayores cantidades de carbonato de litio e incurriendo en menos costos, lo que representa una mayor contribución marginal.

Queda como trabajo a futuro, el análisis de ambos procesos pero para distintas concentraciones de salmueras, de manera tal de poder comparar los rendimientos en cada caso. Así como también el análisis de la contribución marginal de los subproductos obtenidos durante los procesos.

5. REFERENCIAS

- [1] Fundación DAR: "Informe Litio",
http://www.desarrolloargentino.org/sites/default/files/download/informe_litio_y_toyota_tsusho.pdf, Marzo 2016.
- [2] La minería del litio, la única que crece en el país, *El Inversor energético y minero*, N°95, Año 9, Marzo 2015
- [3] Mineral Commodity Summaries 2017,
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2017/mcs2017.pdf>. Ingreso Septiembre de 2017.
- [4] El triángulo del Litio. <http://www.lamineriaentuvida.com.ar/triangulo-del-litio/>. Ingreso Septiembre de 2017.
- [5] Carbonato de Litio. <http://quimicainorganica2012.blogspot.com.ar/2012/03/carbonato-de-litio-li2co3.html>, Ingreso 12 de Agosto de 2017
- [6] Usos y aplicaciones del Carbonato de Calcio. <http://www.piedrasdecorativas.cl/carbonato-de-calcio-aplicaciones.htm>. Ingreso 12 de Agosto de 2017

[7] Las principales aplicaciones y usos del carbonato de magnesio.
<https://www.quiminet.com/articulos/las-principales-aplicaciones-y-usos-del-carbonato-de-magnesio-61139.htm>. Ingreso 12 de Agosto de 2017

[8] Para qué sirve el hidróxido de magnesio. <https://www.onsalus.com/para-que-sirve-el-hidroxido-de-magnesio-19626.html>. Ingreso 14 de Agosto de 2017

[9] Conozca las aplicaciones industriales del cloruro de potasio.
<https://www.quiminet.com/articulos/conozca-las-aplicaciones-industriales-del-cloruro-de-potasio-2657523.htm>. Ingreso 14 de Agosto de 2017.

[10] ¿Para qué sirve el cloruro de sodio?. <http://elsiglo.com.ve/2016/07/28/cloruro-de-sodio/>. Ingreso 14 de Agosto de 2017.

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ENFOQUE DE ALGORITMO GENÉTICO

OPTIMIZATION OF CUTTING PROCESS BY GENETIC ALGORITHMS APPROACH

Rodrigo, Alex¹, Saavedra, Alejandra¹, Garrera Raúl A^{1 2}

¹ Grupo de investigación de control avanzado de procesos y producción GICAPP
UTN Facultad Regional Córdoba,
Maestro M. López esq. Cruz Roja Argentina, C.P. 5000, Córdoba, Argentina
utn.gicapp@gmail.com

² Persona a quién debe estar dirigidos los mails.

RESUMEN: En el siguiente trabajo de investigación se propone una nueva técnica de optimización basada en algoritmos genéticos para la determinación de los parámetros de corte en operaciones de mecanizado. En los procesos de corte de metal, las condiciones de corte tienen una importante influencia en la reducción de los costos de producción, el tiempo de operación y también la calidad final del producto. En esta nueva metodología para la mejora continua de las condiciones de corte se lleva a cabo lo siguiente: la modificación de las condiciones de corte recomendadas y obtenidas a partir de un conjunto de datos de mecanizado, el aprendizaje de las condiciones de corte obtenidas mediante la utilización de redes neuronales y la sustitución de las mejores condiciones de corte aprendidas previamente por un algoritmo genético propuesto. Los resultados experimentales muestran que el procedimiento basado en el algoritmo genético propuesto para resolver el problema de optimización es a la vez eficaz y eficiente, y es posible integrarlo en un sistema de fabricación inteligente para resolver problemas complejos de optimización de mecanizado.

Palabras claves: Optimización; Algoritmo Genético; Parámetros de Corte; Fabricación; Simulación.

ABSTRACT: The paper proposes a new optimization technique based on genetic algorithms (GA) for the determination of cutting parameters in machining operations. In metal cutting processes, cutting conditions have an influence on reducing the production cost and the time and deciding the quality of a final product. This paper presents a new methodology for continual improvement of cutting conditions with GA. It performs the following: the modification of recommended cutting conditions obtained from a machining data, learning of obtained cutting conditions using neural networks and the substitution of better cutting conditions for those learned previously by a proposed GA. Experimental results show the proposed genetic algorithm-based procedure for solving the optimization problem is both effective and efficient, and can be integrated into an intelligent manufacturing system for solving complex machining optimization problems.

Keywords: Optimization, Genetic algorithm, Cutting parameters; Manufacturing; Simulation

1 – INTRODUCCIÓN

En el entorno de la fabricación actual, las grandes industrias han intentado introducir sistemas de fabricación flexibles (FMS) como una estrategia para adaptarse a las exigencias cambiantes del mercado competitivo. Para garantizar la calidad de los productos obtenidos en el mecanizado, reducir los costos asociados al mismo y aumentar la eficacia, es muy importante seleccionar con cautela los parámetros de mecanizado cuando las herramientas de la máquina son seleccionadas mediante programaciones de CNC.

Los métodos tradicionales para resolver este tipo de problema de optimización incluyen búsquedas basadas en cálculos, búsquedas al azar y también métodos de gradiente, mientras que los métodos heurísticos modernos incluyen las redes neuronales artificiales, los enfoques de relajación Lagrangianos y el recocido simulado. Algunos de estos métodos tienen éxito en la localización de la solución óptima, pero por lo general son lentos en la convergencia y requieren mucho tiempo de cálculo. Otros métodos pueden correr el riesgo de quedar atrapados en un óptimo local, que no puede dar la mejor solución. En el siguiente trabajo se desarrollará un enfoque novedoso de algoritmos genéticos (AG), basados en los principios de la evolución biológica natural, el cual ha recibido un interés creciente y considerable en la última década. El mismo se utilizará para hacer frente a este tipo de problemas. En comparación con los métodos tradicionales de optimización, un AG es robusto, global y se puede aplicar generalmente sin recurrir a la heurística de dominio específico. Se puede utilizar no solo para problemas generales de optimización, sino también en los indiferentes y en los no convencionales. Es por esta razón que los AGs son ampliamente utilizados para el “aprendizaje de las máquinas”, la optimización de la función y el modelado del sistema. Aunque el AG es considerado un algoritmo de optimización efectiva, por lo general toma un largo tiempo para optimizar los parámetros de mecanizado debido a su lenta velocidad de convergencia. El AG que se propondrá a continuación para la optimización de los parámetros de corte será basado en algoritmos genéticos tradicionales. El dominio de operación es definido y modificado en torno al punto óptimo de su proceso evolutivo de modo que la velocidad de convergencia mejora notablemente como así también su precisión. El AG se utiliza para la simulación y optimización de los parámetros de corte y puntualmente en este trabajo, el objetivo puntual será determinar los parámetros óptimos de mecanizado que minimizan el costo unitario de producción sin violar las restricciones impuestas para el proceso en cuestión.

2 – ALGORITMOS GENÉTICOS

Los algoritmos genéticos son una familia de modelos computacionales inspirados en la teoría evolutiva. Estos algoritmos codifican una posible solución a un problema específico en una estructura de información como la de un cromosoma simple y luego aplica operadores de recombinación a estas estructuras a fin de preservar la información crítica. Los algoritmos genéticos son vistos a menudo como optimizadores de funciones, aunque el rango de los problemas a los que se han sido aplicados es bastante amplio.

Una implementación de un algoritmo genético comienza con una población de cromosomas típicamente al azar. Luego se evalúa estas estructuras y también la distribución de las posibilidades de reproducción de tal manera que a esos cromosomas que representan una mejor solución al problema de destino se les asigna mayores posibilidades de “reproducir” que los cromosomas que representan soluciones más débiles. La mejor solución es definida típicamente con respecto a la población actual. Esta descripción particular de un algoritmo genético es intencionalmente abstracta porque en cierto sentido, el término AG tiene dos significados. En una interpretación estricta, el AG se refiere a un modelo introducido e investigado por Holland y pos sus estudiantes.

En un uso más amplio del término, un algoritmo genético es cualquier modelo poblacional básico que utiliza operadores de selección y recombinación para generar nuevos puntos de muestra en un espacio de búsqueda. Muchos modelos de algoritmos genéticos han sido introducidos por investigadores que trabajan en gran medida desde una perspectiva experimental. La mayoría de estos investigadores están orientados hacia el campo aplicativo por lo que en general están interesados en los algoritmos genéticos como herramientas de optimización. Modelando y

mecanizando con una selección de parámetros de corte y su posterior monitoreo, a menudo hace que tengan que lidiar con problemas de optimización.

2.1 Evolución y algoritmos genéticos

Holland tenía un doble objetivo: por un lado mejorar la comprensión de los procesos naturales de adaptación y por otro lado diseñar sistemas artificiales que posean propiedades similares a los sistemas naturales.

La idea básica es la siguiente: la reserva genética de una población dada contiene potencialmente la solución, o una mejor solución, a un problema determinado de adaptación. Esta solución no es “activa” debido a que la combinación genética en la que se basa se divide entre varios sujetos. No hay sujeto que tenga tal genoma, pero durante la reproducción y el cruzamiento, una nueva combinación genética se produce, y finalmente un sujeto puede heredar un “buen gen” de ambos padres.

El método Holland es especialmente eficaz porque no solo se considera el papel de la mutación (las mutaciones mejoran muy raramente los algoritmos), sino que también utiliza recombinación genética (cruzamiento): esta recombinación, es decir el entrecruzamiento de soluciones parciales mejora en gran medida la capacidad del algoritmo de acercarse y finalmente encontrar la solución óptima.

2.2 Definición de Algoritmos Genéticos

Los algoritmos genéticos son algoritmos de búsqueda basados en la mecánica de la selección natural y de la genética natural.

Estos algoritmos se basan en la idea de la supervivencia del más fuerte y en la de una población de entrecruzamiento una para dar origen a una nueva estrategia de búsqueda la cual es totalmente innovadora. El algoritmo genera una secuencia de poblaciones que representan soluciones a un problema específico. Iterativamente va creando nuevas poblaciones basadas en las poblaciones viejas realizando una clasificación de las características de cada elemento de la población y cruzando los más aptos para lograr que la nueva población tenga características mejores a la anterior, las cuales estarán cada vez más cerca de una solución óptima al problema en cuestión. De esta forma en cada generación el AG crea un conjunto de cadenas con fragmentos de las cadenas anteriores, adicionando aleatoriamente nueva información para evitar que la población se estanque. El resultado final es una búsqueda estratégica, la cual es adaptada a los vastos, complejos y multimodales espacios de búsqueda.

AGs son un proceso de búsqueda al azar en donde la forma en que las cadenas son elegidas y combinadas resulta ser un proceso estocástico. Este es un enfoque radicalmente diferente a los métodos de resolución de problemas utilizadas por los algoritmos más tradicionales, los cuales tienden a ser de una naturaleza más determinística, como por ejemplo el método del gradiente el cual es utilizado para hallar mínimos en la teoría de los gráficos.

La idea de la supervivencia del más apto es de gran importancia para los algoritmos. GAs utilizan lo que se denomina como función de adaptación con el fin de seleccionar la cadena más fuerte que será utilizada para crear una nueva y mejor población de cadenas. La función de adaptación toma una cadena y le asigna un valor de aptitud relativa. El método por el cual se lleva esto a cabo y la naturaleza del valor de aptitud no tiene importancia. Lo único que la función de adaptación debe hacer es clasificar las cadenas de alguna manera para la producción de los valores de aptitud. Estos valores son posteriormente utilizados para seleccionar las cadenas más aptas.

2.3 Algoritmos Genéticos: una perspectiva natural

La población puede ser vista simplemente como una colección de interacción de criaturas. A medida que cada generación de criaturas va y viene, los más débiles tienden a morir lejos sin producir hijos mientras que la pareja más fuerte, combinando los atributos de ambos padres, produce un nuevo descendiente el cual continúa el ciclo. Ocasionalmente una mutación se arrastra implícita en una de las criaturas, diversificando aún más la población. Es importante recordar que en la naturaleza, una población diversa dentro de una especie tiende a permitir que la especie se adapte a su ambiente con mayor facilidad. Lo mismo se sostiene en los algoritmos genéticos.

2.4 Bucle de iteración de un algoritmo genético básico

El siguiente diagrama de flujo muestra el ciclo iterativo de un algoritmo genético básico. Primero, una población inicial de cadenas es creada. A continuación el proceso selecciona de forma iterativa individuos de la población que experimentan algún tipo de transformación, a través de la etapa de recombinación, para crear una nueva población. Esta nueva población es evaluada para ver si cumple con algún parámetro establecido previamente. Si cumple el proceso se detiene, de lo contrario una nueva iteración se lleva a cabo.

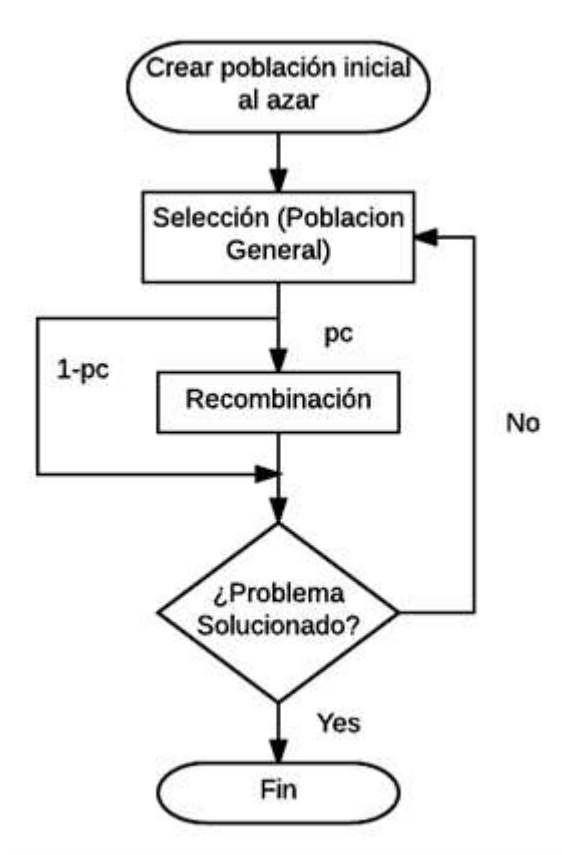


Figura 1 Diagrama de Flujo

2.5 Operaciones del algoritmo genético básico

Dado que los AGs tienen una base sólida en la genética y en los sistemas biológicos evolutivos, podría llegar a pensarse que el funcionamiento interno de los mismos es muy complejo. Pero la verdad es totalmente opuesta. Los AGs simples están basados en copias simples de cadenas y concatenación de subcadenas. De hecho las versiones más complejas de algoritmos genéticos todavía utilizan estas dos ideas como el núcleo de su motor de búsqueda.

2.5.1. Reproducción

El operador de reproducción permite a las cadenas individuales ser copiadas para una posible inclusión en la siguiente generación. La posibilidad de que una cadena sea copiada está basada en las valoraciones de las aptitudes de cada una. Para cada generación, el operador de reproducción elige cadenas que se colocan en una agrupación de apareamiento, la cual es usada como base para crear la siguiente generación.

Hay muchos tipos diferentes de operadores de reproducción:

Selección Proporcional: este método solo funciona con valores de aptitudes por encima de cero, es decir no negativos. Ha quedado demostrado que la selección proporcional funciona mal en comparación con otros esquemas de selección en muchos problemas de algoritmos genéticos.

Selección por Competencia: consta en elegir al azar t individuos de la población y copiar al mejor individuo de este grupo en la nueva selección. Y repetir este proceso N veces.

Selección por Truncamiento: con este tipo de selección la cual tiene un umbral de T que varía de 0 a 1, solo la fracción de T considerada como los mejores individuos puede ser seleccionada. Y todos los integrantes de esta fracción tienen la misma probabilidad de ser seleccionados.

Selección de Clasificación Lineal: los individuos son clasificados en función de sus valores de aptitud y el ranking N es asignado al mejor individuo y el ranking 1 es asignado al peor. La probabilidad de selección se asigna de manera lineal acorde a su ranking y a una ecuación de selección.

Selección de Clasificación Exponencial: este tipo de selección sigue la misma metodología de la selección lineal, siendo la única diferencia que las probabilidades de los individuos clasificados se pondera de manera exponencial.

Siempre se selecciona al más apto y se descarta al peor, realizando en la piscina de acoplamiento una selección estadística sobre el resto de la población. Hay cientos de variantes en este esquema y ninguna es totalmente correcta o incorrecta. De hecho, algunas funcionarán mejor que otras dependiendo el dominio del problema que está siendo explorado.

2.5.2. Cruzamiento

Una vez que la agrupación de apareamiento es creada, el operador del arsenal de algoritmos genéticos comienza a jugar. Es importante recordar que el cruzamiento en términos biológicos se refiere a la combinación de cromosomas de los progenitores para producir nuevos cromosomas para la descendencia. Y esta analogía se traslada al cruzamiento en los algoritmos genéticos.

El algoritmo genético selecciona dos cadenas al azar de la agrupación de apareamiento. Las cadenas seleccionadas pueden ser diferentes o idénticas, esto no importa. Luego el algoritmo calcula si el cruzamiento debe suceder usando un parámetro llamado el cruzamiento probabilístico.

Si el algoritmo genético decide no llevar a cabo el cruzamiento, las dos cadenas seleccionadas son simplemente copiadas a la nueva población. Si el cruzamiento tiene lugar, un punto de empalme es elegido al azar en una cadena, las dos cadenas se empalman y las regiones de corte y empalme se mezclan para crear dos potenciales nuevas cadenas. Estas cadenas hijas son posteriormente colocadas en la nueva población.

Como ejemplo se puede decir que las cadenas 10000 y 01110 son seleccionadas para el cruzamiento y el algoritmo genético decide aparearlos. Para esto selecciona un punto de empalme de 3.



Figura 2 Esquema de cruzamiento

De esta forma las nuevas cadenas creadas son 10010 y 01100. El cruzamiento se lleva a cabo hasta que una nueva población es originada. Luego el ciclo vuelve a comenzar con una selección. Este proceso iterativo continúa hasta satisfacer los criterios especificados por el usuario.

2.5.3. Mutación

La selección y el cruce por sí solo, obviamente, pueden generar una cantidad asombrosa de diferentes cadenas. Sin embargo, dependiendo de la población inicial elegida, podría no haber suficiente variedad de cadenas para asegurar que el AG explore la totalidad del espacio del problema. O el algoritmo genético podría llegar a la conclusión de que la convergencia se da en

cadenas que no se acercan al óptimo buscado, también debido a una mala selección de población inicial.

Algunos de estos problemas se solucionan mediante la introducción de un operador de mutación en el AG. El AG tiene una probabilidad de mutación, m , que dicta la frecuencia con la que ocurre la mutación. La mutación puede ocurrir también durante la selección o el cruzamiento (es más usual que suceda en el cruzamiento). Para cada elemento en cada cadena en la agrupación de apareamiento, el AG comprueba si se debe realizar una mutación. Si se debe realizar, aleatoriamente modifica el valor del elemento a uno nuevo. En una cadena binaria, 1s es cambiada a 0s y 0s a 1s. Por ejemplo, el AG decide mutar la posición del bit 4 en la cadena 10000.

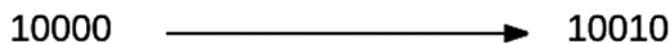


Figura 3 Esquema de mutación

La cadena resultante es 10010 debido a que el cuarto bit en la cadena es invertido. La probabilidad de mutación debe mantenerse baja, por lo general alrededor del 0.01 %, ya que una tasa alta podría destruir la forma de las cadenas y terminar degenerando el AG en un paso aleatorio, con todos los problemas asociados.

Sim embargo la mutación es muy importante para prevenir el estancamiento de la población, añadiendo “sangre fresca”, por decirlo de alguna manera, a la población. Es importante recordar que mucho del potencial del AG proviene del hecho de que contiene un conjunto amplio de cadenas de gran diversidad. La mutación ayuda a mantener dicha diversidad a través de cada una de las iteraciones.

2.6. Codificaciones y Problemas de Optimización

Generalmente existen dos componentes principales en la mayoría de los AGs que son dependientes del problema: la codificación del problema y la función de evaluación o función objetivo. Considerando un problema de optimización de parámetros donde se debe optimizar un conjunto de variables, ya sea para maximizar algún objetivo, o para minimizar el costo de alguna medida de error. Podría analizarse como un problema de caja negra con una serie de diales de control representando diferentes parámetros; siendo la única salida de dicha caja negra un valor devuelto para alguna función objetivo, indicando cuan bien resuelve el problema de optimización, una determinada combinación de dichos parámetros de ajuste.

3 – OPTIMIZACIÓN DE PARÁMETROS DE CORTE MEDIANTE ALGORITMO GENÉTICO

La fabricación inteligente permite un ahorro sustancial en términos de dinero y tiempo si se logra integrar un módulo de planificación de procesos automatizado, tales como la producción, transporte, ensamble, etc. La planificación de procesos implica la determinación de las máquinas adecuadas, las herramientas para el mecanizado, el fluido de corte para reducir la temperatura media dentro de la zona de corte, y los parámetros de mecanizado, en determinadas condiciones de corte para cada pieza de mecanizado. Los problemas económicos de mecanizado consisten en determinar los parámetros para el proceso, generalmente la velocidad de corte, avance y profundidad de corte, con la finalidad de optimizar la función objetivo del mecanizado. Una serie de funciones objetivos para las cuales medir la optimización de las condiciones de mecanizado incluye minimizar el costo de las unidades de producción, maximizar la tasa de producción, maximizar las ganancias, y la combinación ponderada de varias funciones objetivo. Varias restricciones de corte que deben ser consideradas en la economía del mecanizado son: restricción de la vida útil de la herramienta, restricción de la fuerza de corte, potencia, la región de restricción de corte estable, restricción de temperatura de la interface viruta-herramienta, restricción de acabado superficial y la restricción de relación entre desbaste y acabado.

El objetivo principal del presente trabajo es lograr determinar los parámetros óptimos de mecanizado que minimicen el costo unitario de producción sin violar las restricciones impuestas para el corte.

Como consecuencia, la formulación matemática de la optimización del problema a la de Chen y Tsai, que cuenta con 20 restricciones de corte. Una nueva optimización de búsqueda local basada en la aproximación por AG es desarrollada para resolver modelos de optimización de mecanizado.

3.1 Objetivo y Funciones

Todo el desarrollo de la planificación de los procesos de las maquinas está basada en la optimización de criterios económicos en función de las limitaciones técnicas y organizacionales a considerar. En la operación de corte los criterios económicos son los costos y tiempos de producción. El objetivo del proceso descrito es la optimización de la tasa de producción, reducción de los costos y la mejora de la calidad superficial.

El AG calcula la función de puntuación (objetivo) para cada cadena del espacio de soluciones de forma que se determina la cadena que tiene el máximo puntaje para la función objetivo. El objetivo de los problemas de optimización es minimizar alguna función de costo. En el enfoque de algoritmo genético, la optimización de la función de costo es asignada a una función de puntuación.

Tasa de Producción: generalmente la tasa de producción, se mide como todo el tiempo necesario para la fabricación de una unidad de producto (***Tp***). Es una función de la tasa de eliminación de metal (***TEM***) y la vida de la herramienta (***VH***) Ecuación (1).

$$Tp = Ta + V * \frac{(1 + \frac{Tc}{VH})}{TEM} + Ti \quad (1)$$

Donde ***Ta***, ***Tc***, ***Ti*** y ***V*** son el tiempo de ajuste de la herramienta, el tiempo de cambio de la herramienta, el tiempo a partir del cual la herramienta deja de cortar y el volumen del metal eliminado respectivamente. En algunas operaciones los tiempos ***Ta***, ***Tc***, ***Ti*** y ***V*** son constantes de manera que el ***Tp*** depende plenamente de la ***TEM*** y la ***VH***.

Tasa de Eliminación del Metal (***TEM***): es expresada por una derivación analítica como el producto de la velocidad de corte (***Vc***), avance (***Av***) y profundidad de corte (***Pc***) Ecuación (2).

$$TEM = 1000 * Vc * Av * Pc \quad (2)$$

Vida de la Herramienta (***VH***): es una medida del tiempo promedio entre los cambios cada cambio de herramienta. La relación entre la vida de la herramienta y los diferentes parámetros es expresada en la conocida formula de Taylor Ecuación (3):

$$VH = \frac{Kt}{Vc^{\alpha1} * Av^{\alpha2} * Pc^{\alpha3}} \quad (3)$$

Donde ***Kt***, ***α1***, ***α2*** y ***α3***, las cuales son siempre parámetros constantes positivos, son determinados estadísticamente.

Costo de Operación: el costo de operación se puede expresar como el costo por producto (***Cp***). En el costo de la operación, se distinguen dos valores conectados con los parámetros de corte ***VH*** y ***Tp*** Ecuación (4).

$$Cp = Tp * \left(\frac{Ct}{VH} + Cl + Co \right) \quad (4)$$

Donde **Ct**, **Cl** y **Co** representan el costo de la herramienta, el costo laboral y los costos generales respectivamente. En algunas operaciones sucede que el **Ct**, **Cl** y **Co** son independientes de los parámetros de corte.

Calidad de Corte: el criterio más importante para evaluar la calidad de corte es mediante la evaluación de la rugosidad superficial Ecuación (5).

$$Ra = k * Vc^{x1} * Av^{x2} * Pc^{x3} \quad (5)$$

Donde **x1**, **x2**, **x3** y **k** son las constantes pertinentes de una combinación determinada de pieza-herramienta de trabajo.

3.2 Restricciones

Existen varios factores que limitan los parámetros de corte. Estos factores generalmente surgen de especificaciones técnicas y de consideraciones organizacionales. Las siguientes limitaciones serán tomadas en cuenta.

Debido a las limitaciones en la máquina y en y la herramienta de corte y debido también a la seguridad del mecanizado los parámetros de corte son limitados con límites inferiores y superiores admisibles Ecuaciones (6),(7) y (8).

$$Vcmin \leq Vc \leq Vcmax \quad (6)$$

$$Avmin \leq Av \leq Avmax \quad (7)$$

$$Pcmin \leq Pc \leq Pcmax \quad (8)$$

Para la selección de la herramienta, el fabricante especifica las limitaciones de las condiciones de corte. La limitación de la máquina es la potencia de corte y la fuerza de corte. Del mismo modo las características de mecanizado del material de la pieza de trabajo son determinadas por propiedades físicas

Potencia y Fuerza de Corte: el consumo de potencia puede ser expresado como una función de la fuerza de corte y la velocidad de corte Ecuación (9).

$$P = \frac{F * Vc}{6122.45 * \eta} \quad (9)$$

Donde **η** es la eficiencia mecánica de la máquina y **F** se encuentra dada por la siguiente Ecuación (10).

$$F = kF * Av^{\beta2} * Pc^{\beta3} \quad (10)$$

Entonces si introducimos la ecuación de fuerza de corte en la ecuación de potencia se obtiene la siguiente Ecuación (11).

$$P = \frac{kN * Vc}{6122.35 * \eta} * Av^{\beta2} * Pc^{\beta3} \quad (11)$$

En donde **kN** surge del siguiente reemplazo.

$$kN = \frac{kF}{6122.45 * \eta} \quad (12)$$

Las limitaciones de la potencia **P** y de la fuerza de corte **F** son las siguientes Ecuaciones (13) y (14).

$$P(Vc, Av, Pc) \leq Pmax \quad (13)$$

$$F(Vc, Av, Pc) \leq Fmax \quad (14)$$

El problema de la optimización de los parámetros de corte puede ser formulado como el siguiente problema de optimización multi objetivo Ecuaciones (15), (16) y (17).

$$\min Tp(Vc, Av, Pc) \quad (15)$$

$$\min Cp(Vc, Av, Pc) \quad (16)$$

$$\min Ra(Vc, Av, Pc) \quad (17)$$

Mediante el algoritmo descrito es posible resolver los problemas de optimización que sean posible de transformar en la siguiente expresión, por la cual se determina el máximo de la función de optimización Ecuación (18).

$$\max x(f(x)) = \max x(\text{algoritmo}) \quad (18)$$

Por lo que las siguientes expresiones, Ecuaciones (19) a (23), son satisfechas

$$c(x) \leq 0 \quad (19)$$

$$c \text{ ecuación}(x) = 0 \quad (20)$$

$$A * x \leq b \quad (21)$$

$$A \text{ ecuación} * x = b \text{ ecuación} \quad (22)$$

$$u \min \leq x \leq u \max \quad (23)$$

Donde **u_{min}**, **u_{max}**, **b** $\in \mathbb{R}$. En el algoritmo, el algoritmo genético es la función de optimización.

3.3 Modelado del Algoritmo Genético de Optimización – Base en Software MATLAB

A continuación, se expondrá un flujograma que muestra como es el bucle de iteraciones en el cual se basa esta optimización. Este bucle es la base de funcionamiento del software MATLAB el cual será utilizado como herramienta para aplicar el enfoque de optimización con algoritmos genéticos.

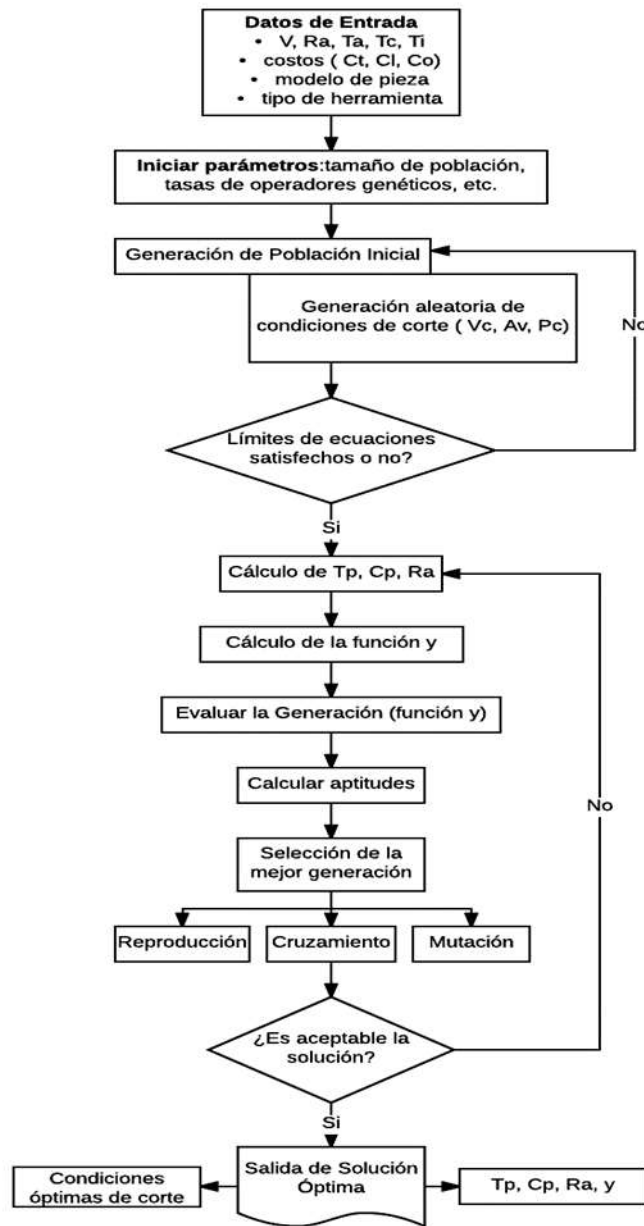


Figura 4 Flujograma de optimización

3.4 Aplicación Caso Práctico: Optimización Proceso de Fresado

La siguiente aplicación de optimización basada en algoritmo genético está realizada en un torno de control numérico (CNC), con el cual se necesita maquinara una pieza de acero fundido utilizando una herramienta fabricada de acero de alta velocidad (HSS). Se plantea el objetivo de determinar las condiciones óptimas de corte para dicho proceso.

Los valores de los coeficientes involucrados en las ecuaciones se determinan estadísticamente en base a los datos medidos experimentalmente, como por ejemplo la vida de la herramienta (VH), la rugosidad (Ra), tiempo de proceso (Tp) y fuerza de corte (F).

3.4.1 Valores de los Coeficientes

Tabla 1 Valores de los coeficientes

$T_s = 0.12 \text{ min}$	$T_c = 0.26 \text{ min}$
$C_t = 13.55 \$$	$C_l = 0.31 \$ / \text{min}$
$K = 1.001$	$X_1 = 0.0088 \text{ min}$
$K_T = 1575134.21$	$\alpha_1 = 1.70$
$K_F = 1.38$	$\beta_1 = 0$
$T_i = 0.04 \text{ min}$	$V = 231376 \text{ mm}^3$
$C_o = 0.08 \$ / \text{min}$	$\eta = 36 \%$
$X_2 = 0.3232$	$X_3 = 0.3144$
$\alpha_2 = 1.55$	$\alpha_3 = 1.22$
$\beta_2 = 1.18$	$\beta_3 = 1.26$

Las funciones objetivo utilizada para la optimización de los parámetros mediante la utilización del Algoritmo Genético son las siguientes:

$$\min Tp = 0.12 + 231276 * \left(1 + \frac{0.26}{VH}\right) * \frac{1}{TEM} \quad (24)$$

$$\min Cp = \left(\frac{13.55}{VH} + 0.39\right) * Tp \quad (25)$$

$$\min Ln Ra = 0.0088 * Vc + 0.3232 * Av + 0.3144 * Pc \quad (26)$$

$$VH = 1575134.21 * Vc - 1.70 * Av - 1.55 * Pc - 1.22 \quad (27)$$

$$TEM = 1000 * 9.81 * Vc * Av * Pc \quad (28)$$

Las funciones de restricción para las variables de las funciones objetivos son las siguientes:

$$Vc \min. \leq Vc \max. \quad (29)$$

$$Av \min. \leq Av \max. \quad (30)$$

$$Pc \min. \leq Pc \max. \quad (31)$$

$$P(Vc, Av, Pc) \leq P \max. \quad (32)$$

$$F(Vc, Av, Pc) \leq F \max. \quad (33)$$

$$F = 1.38 * Av^{1.18} * Pc^{1.26} \quad (34)$$

$$P = 0.000626 * Vc * Av^{0.24} * Pc^{0.11} \quad (35)$$

Valores máximos y mínimos para las restricciones

Tabla 2 Valores máximos y mínimos para las restricciones

$Vc_{min.} = 70 \text{ m / min}$

$Vc_{max.} = 100 \text{ m / min}$

$Av_{min.} = 0.1 \text{ mm / rev}$

$Av_{min.} = 0.1 \text{ mm / rev}$

$Pc_{min.} = 0.1 \text{ mm}$

$Pc_{min.} = 0.1 \text{ mm}$

$F_{max.} = 230 \text{ N}$

$P_{max.} = 5 \text{ kW}$

La Tabla 3 que se expone a continuación muestra una lista de 20 resultados obtenidos mediante los diferentes entrenamientos (training) y las pruebas (testing). Las condiciones de corte correspondientes son generadas al azar manteniéndose dentro de los límites especificados. Los valores restantes son calculados mediante las ecuaciones de T_p y R_a con las condiciones de corte seleccionadas.

Tabla 3 Resultados de entrenamientos y pruebas

	Vc (m/min)	Av (mm/rev)	Pc (mm)	Tp (min)	Cp (\$)	Ra (μm)
1	76,7916	1,3334	4,0377	0,7209	0,3664	2,3627
2	86,1953	0,9560	4,5019	0,7849	0,3831	2,4829
3	85,4459	1,1472	4,6455	0,6694	0,3503	2,5833
4	75,2772	1,5749	4,6470	0,5814	0,3289	2,6325
5	78,7652	0,9948	4,8548	0,7694	0,3756	2,5410
6	89,1162	1,8025	4,2037	0,5043	0,3254	2,6884
7	88,8611	1,3962	4,5663	0,5699	0,3300	2,6689
8	81,4310	1,5200	4,7740	0,5530	0,3243	2,7088
9	76,3953	1,4597	4,5175	0,6206	0,3381	2,5644
10	80,6935	1,6924	4,6397	0,5267	0,3216	2,7158
11	72,4340	1,1144	4,8616	0,7507	0,3691	2,5261
12	86,0173	1,8326	4,1771	0,5130	0,3256	2,6625
13	78,7454	1,3957	4,8406	0,5963	0,3311	2,6659
14	84,4403	1,0107	4,1809	0,8096	0,3922	2,3842
15	75,7308	1,7653	4,6921	0,5304	0,3205	2,7122
16	78,1999	0,9752	4,7270	0,8029	0,3862	2,4895
17	75,0383	1,7944	4,2111	0,5695	0,3301	2,5643
18	87,4299	1,9971	4,2453	0,4739	0,3237	2,7496
19	80,8979	1,2433	4,2002	0,7090	0,3627	2,4343
20	87,4248	1,8143	4,4459	0,4898	0,3219	2,7535

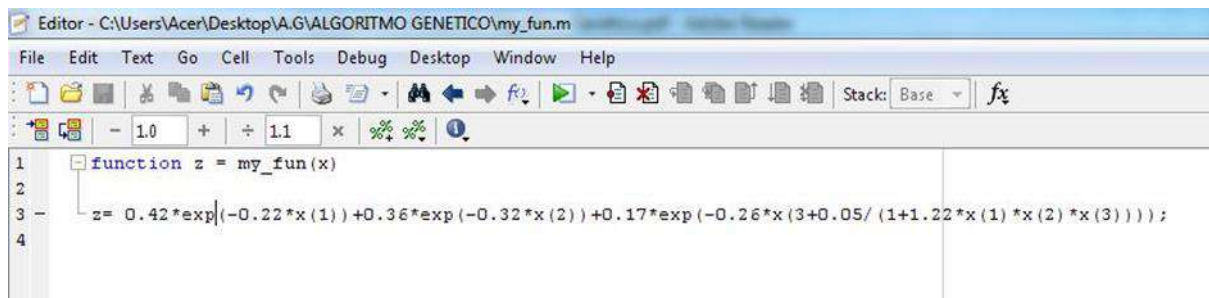
El valor implícito de la función de fabricación (objetivo) se determina de la siguiente manera.

$$Z = f(Tp, Cp, Ra) \quad (36)$$

$$Z = 0.42 * e^{-0.22*Tp} + 0.36 * e^{-0.32*Cp} + 0.17 * e^{-0.26*Ra} + \frac{0.05}{1+1.22*Tp*Cp*Ra} \quad (37)$$

3.4.2 Programación MATLAB

Función Objetivo: Figura 4 de programación



```

1 function z = my_fun(x)
2
3 z = 0.42*exp(-0.22*x(1)) + 0.36*exp(-0.32*x(2)) + 0.17*exp(-0.26*x(3) + 0.05 / (1 + 1.22*x(1)*x(2)*x(3)));
4

```

Figura 5 Esquema en Matlab

3.4.2 Resultados

A continuación, se expone la Tabla 4 la que muestra, en las columnas 2 y 3, los diferentes valores de la función Z calculados en base a la función descrita anteriormente y los diferentes valores predichos por el algoritmo Y. La primera mitad de la información es usada como entrenamiento (training) y luego la segunda mitad se utiliza para la prueba (testing) del algoritmo genético. Con cualquier condición de corte el algoritmo entrenado aproxima a la función Z con una precisión satisfactoria, es por esta razón que se lo utiliza para la continuación del proceso de optimización. Luego se prosigue a la búsqueda de los extremos de la función Y simulada por el algoritmo genético. Todos los pasos del proceso son ejecutados automáticamente en el plazo de tiempo de 1 segundo.

Tabla 4 Resultados de la función Z

No.	z(Tp, Cp, Ra)	y(Tp, Cp, Ra)	z-y	No.	z(Tp, Cp, Ra)	y(Tp, Cp, Ra)	z-y
TRAINING				TESTING			
1	0,7985	0,8008	-0,0023	11	0,7911	0,7932	-0,0021
2	0,7872	0,7855	0,0017	12	0,8817	0,8835	-0,0018
3	0,7999	0,7975	0,0024	13	0,8076	0,8060	0,0016
4	0,8103	0,8103	0,0000	14	0,7865	0,7867	-0,0002
5	0,7880	0,7871	0,0009	15	0,8146	0,8136	0,0010
6	0,8173	0,8184	-0,0011	16	0,7849	0,7860	-0,0011
7	0,8104	0,8099	0,0005	17	0,8132	0,8174	-0,0042
8	0,8119	0,8123	-0,0004	18	0,8192	0,8170	0,0022
9	0,8069	0,8070	-0,0001	19	0,7985	0,7966	0,0019
10	0,8148	0,8146	0,0002	20	0,8176	0,8187	-0,0011

3.5 Análisis de Resultados

Como bien se ha desarrollado hasta el momento, la base de toda esta investigación ha sido la aplicación del algoritmo genético (AG), y como bien podemos observar en la Tabla 4 éste proporciona resultados realmente aproximados; pero también es importante resaltar que requieren un tiempo para el training y el testing. El programa que contiene el algoritmo genético es lento pero la precisión de los resultados obtenidos es muy fiable.

A continuación, se expondrá la Tabla 5 en la cual se muestra las condiciones de corte óptimas seleccionadas y los correspondientes valores de las variables basadas en la optimización de la función implícita Y calculada por el algoritmo. En la primera fila se puede observar las condiciones óptimas de corte que fueron calculadas mediante la utilización de herramientas matemáticas, mientras que en la segunda fila se observa las condiciones óptimas de corte determinadas mediante el enfoque de algoritmo genético.

Tabla 5 condiciones de corte óptimas

Bases	Vc (m/min)	Av (mm/re v)	Pc (mm)	Tp (min)	Cp (\$)	Ra (μ n)	TEM (mm ³ /min)	VH (min)	F (N)	P (kW)
z(Tp, Cp, Ra)	86,8370	1,8601	4,3000	0,459051	0,3114	0,7201	777820,74231	42,00	177,507	0,0070
y(Tp, Cp, Ra)	86,8549	1,8622	4,3068	0,493800	0,3233	0,7203	777820,74236	42,81	177,512	0,0071
Variación del AG (%)	-0,02%	-0,11%	-0,16%	-7,57%	-3,82%	0,03%	-0,00000001%	-1,93%	-0,003%	-1,43%
Prom. Var.	-1,5071%									

Claramente, la optimización basada en el enfoque de AG proporciona resultados que son lo suficientemente aproximados a la solución óptima. En las filas 3 y 4 de la Tabla 5 podemos observar las variaciones en la aproximación del algoritmo genético Y a la función matemática de cálculo Z .

La siguiente imagen muestra el extremo de la función de optimización con las condiciones óptimas de corte correspondientes. El eje z es posible observar los valores que adopta la función calculada con el algoritmo genético Y , y en el eje x e y figuran la variación de la profundidad de corte (0 – 1) y la variación de la velocidad de corte (80 – 100), respectivamente.

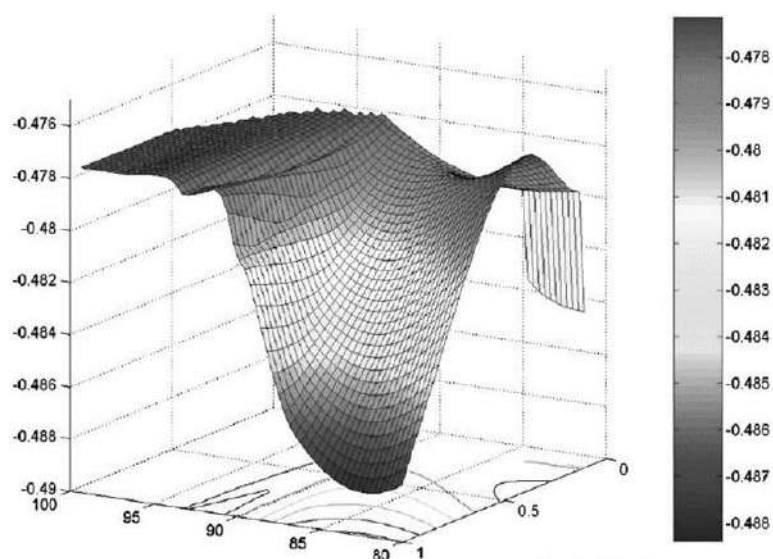


Figura 6 Función optimización

Ventajas descubiertas en el AG:

- Flexibilidad del modelo de optimización para ser adaptado a la estructura de cada nuevo problema.
- Capacidad de búsqueda automática para conexiones no lineales entre entradas y salidas.
- Optimizaciones simples y relativamente rápidas.

Desventajas descubiertas en el AG:

- Tiempo consumido en la determinación de los parámetros de entrenamiento (training).
- Se necesita contar con algún tipo de experiencia para desarrollar el algoritmo.
- La repetitividad de los training no está asegurada.

4 - CONCLUSIONES

En el presente trabajo se expone un enfoque de optimización basado en algoritmo genético para resolver diferentes problemas en las operaciones de mecanizado, como por ejemplo en este caso, el fresado. Los resultados obtenidos de la comparación del enfoque de optimización de algoritmo genético propuesto con los que son tomados de la literatura reciente y herramientas matemáticas, demuestran claramente su eficacia.

La implicancia de los resultados alentadores obtenidos con este nuevo enfoque es que el mismo podría ser integrado en una línea, con un sistema de fabricación inteligente para optimizar la planificación de procesos automatizados. Debido a que este enfoque permite llegar a soluciones óptimas muy precisas, resulta viable de ser aplicado para la selección de parámetros de mecanizado de piezas complejas que presentan grandes limitaciones. La integración de los AGs a la fabricación inteligente permitirá la reducción de los costos y tiempos de producción, flexibilizará la selección de parámetros de mecanizado y finalmente mejorará la calidad final del producto obtenido.

La primera prioridad es la aplicación del enfoque de algoritmo genético básico en sistemas complejos de mecanizado y sistemas automáticos de planificación de procesos; y finalmente la segunda prioridad es comparar los resultados con las demás técnicas de optimización emergentes. Finalmente se puede concluir, a través de esta investigación, que sin duda los AGs son parte del futuro de los procesos productivos.

5 - REFERENCIAS

Steven C. Chapra y Raymond P. - "Métodos numéricos para ingenieros" – Quinta Edición – Pág. (425-446) – Estudio de Casos de Optimización.

Holland J. Adaptación natural en sistemas artificiales. Universidad de Michigan. Presentación 1975.

Chen MC, Tsai DM. Un enfoque de recocido simulado para optimización de las operaciones de torneado de múltiples pasadas. Int. J. Prod. Res. 1996; 34: 2803-25.

Hui WJ, Xi YG. Análisis de los mecanismos de funcionamiento de la genética algoritmo. Teoría de Control Appl. 1996; 13 (3): 297-303.

.

Universidad Politécnica de Madrid – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales – MATLAB como en primero.

Paper PERGAMON- Manufactura robótica Integrada por Computadora 19 (2003) 113–121.

Phadke, S. M., "Quality engineering using robust design", Prentice Hall, New York (1989).

Sourabh K. Saha, "Genetic algorithm based optimization and post optimality analysis of multi-pass face milling", Department of Mechanical Engineering, IIT Kanpur, 2009).

Balanceo y optimización de línea de producción de cañones de punzonamiento a través de herramienta de simulación

Díaz, Facundo*; Boschín, Edgardo

Facultad Regional San Rafael, UTN.

Venezuela 555, Cipolletti, C.P. 8324; faccu0507@gmail.com

Cubillos 3200, Rama Caída, San Rafael, C.P. 5603; eboschin2005@gmail.com

RESUMEN

Tras la incorporación de una nueva máquina de corte láser a una línea de cañones de punzonamiento cortos, el presente trabajo fijó como objetivo la planificación de un nuevo proceso productivo enfocado en un balanceo eficiente de línea y un alto aprovechamiento de los recursos, el espacio y el tiempo utilizado, cumpliendo con los pronósticos de demanda estipulados por la empresa. A partir de información preliminar asociada a la línea, se obtuvieron los datos necesarios para la conformación de una simulación del proceso. Tales son, los tiempos de cada puesto de trabajo, su tipo de distribución, su eficiencia arraigada, los recursos e insumos necesarios, las distancias recorridas, el cronograma utilizado por los operarios, los costos operativos, entre otros. Una vez conformada la simulación, ésta arrojó importantes resultados de los tiempos de espera, inactividad, bloqueo y operación del proceso. Además, se analizaron costos arraigados al proceso y variaciones en la capacidad de la línea ante cambios en el número de operarios en las tareas críticas. Por último, se plantearon diferentes escenarios en la simulación, alternando tareas y turnos de trabajo, número de operarios y el tiempo de trabajo de las maquinarias. A través de los diferentes resultados arrojados, se plantearon diferentes propuestas de mejora, asociadas a un aumento de eficiencia y capacidad de la línea. En conclusión, se realizaron propuestas de mejora que ayudaron a alcanzar los diferentes objetivos de acuerdo a lo requerido por la alta dirección. En caso de necesitar una producción igual a la cantidad de demanda pronosticada de la empresa, se eligió el proceso productivo que cumple este objetivo de la forma más rentable; si se necesita utilizar la capacidad máxima de la línea, el proceso productivo se adapta a estas necesidades de la manera más eficiente. Lo mismo sucede para una producción diaria relativamente baja. Los cambios en el proceso se vieron reflejados positivamente en los beneficios de la empresa.

Palabras claves: Nuevo proceso; simulación; obtención de resultados; propuestas de mejora; conclusión.

ABSTRACT

After the incorporation of a new laser cutting machine to a line of short punching canons, the present work set as objective the planning of a new productive process focused on an efficient line balancing and a high use of resources, space and time used, meeting the budget stipulated by the company. As a first step, this job proceeded to obtain the preliminary information associated with the production line of short guns. From this, the necessary data for the conformation of the process simulation was obtained. Some of them are; the times of each job, its type of distribution, its ingrained efficiency, the necessary resources and inputs, the distances traveled, the schedule used by the operators and the operating costs. Once the simulation was formed, this showed important results of waiting times, inactivity, blocking and operation of the process. In addition, it was analyzed costs rooted in the process and variations in the capacity of the line before changes in the number of operators in the critical tasks. Finally, different scenarios were proposed in the simulation, alternating tasks and work shifts, number of operators and the working time of the machines. Through different results, different proposals for improvement were proposed, associated to an increase in efficiency and capacity of the line. In conclusion, improvement proposals were made that helped achieve the different objectives as required by high direction. In case production is required equal to the amount of forecast demand of the company, the productive process was chosen that fulfills this objective in the most profitable way; if the company needs to use the maximum capacity of the line, the production process adapts to these needs in the most efficient way. The same is true for relatively low daily production. Changes reflected in the benefits of the company.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los productos más comercializados por la empresa Tassaroli S.A., son los conjuntos cañón de punzonamiento de pozos petroleros. Hoy en día, la metodología, proceso y tiempos de trabajo llevados en su nave de manufactura, se ven afectados por el ingreso de una nueva máquina de procesamiento de tubos porta carga. Esta máquina, hace que aparezcan trabajos, tareas críticas y tiempos nuevos en el proceso.

El presente estudio, se centra en identificar una nueva metodología de trabajo para la línea, de manera que genere una productividad óptima, cuellos de botella en la línea más chicos y un mejor aprovechamiento de recursos y mano de obra.

El presente informe solo abarcará la línea de producción de conjunto cañón de punzonamiento cortos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Analizar la línea de manufactura del conjunto de cañones cortos, con el fin de encontrar y eliminar problemáticas relacionadas a una gran utilización de recursos, espacios y tiempo. Además, documentar y generar propuestas de mejora para los puestos de trabajo críticos dentro de la nave.

2.2 Objetivos específicos

- Estudiar el proceso de trabajo, las máquinas y los insumos que utiliza la empresa para la manufactura de los cañones cortos.
- Simular la línea con software Promodel, encontrar cuellos de botella, tiempos de trabajo improductivos y otros tipos de inconvenientes.
- Identificar metodologías de trabajo a través de software Promodel, que requieran de una menor cantidad de recursos y asegure el cumplimiento del pronóstico anual de la demanda de la empresa, creando alternativas de trabajo diferentes para cada tipo de producto.
- Optimizar el espacio a través de la eliminación de pulmones de producto en proceso dentro de la línea.

3. DESARROLLO

3.1 Información preliminar

3.1.1 Proceso productivo del conjunto de cañones.

Dentro de la nave de manufactura, se diferencian dos líneas de trabajo. La primera, abarca el procesamiento de los conjunto cañón de punzonamiento cortos (desde 2 a 5 pies). Por otro lado, se encuentra la línea de conjunto cañón largos, que procesa tubos de 4 a 22 pies. Cabe destacar que ambas líneas son alimentadas por los tubos porta carga que salen de la nueva máquina de corte laser "Farley".

Los conjuntos cañón pueden ser de diferentes índoles, dependiendo del requerimiento del cliente. Estos pueden ser de base estándar, "Easy Gun" o de mercado local.

3.1.2 Composición

Los conjuntos cañón están compuestos por los siguientes complementos:

Conjunto cañón de base estándar

- Subconjunto porta carga
 - Tubo porta carga procesado
 - Tapas plásticas (2)
 - Flejes de acople conductores (3 en cada tapa)
- Cañón procesado descartable, con perno soldado.
- Seguros seeger (2)
- O-ring de nitrilo (2)
- Protectores plásticos o tapas (2)

Conjunto cañón easy gun

- Subconjunto porta carga
 - Tubo porta carga procesado
 - Tapas plásticas (2)
 - Flejes de acople conductores (3 en cada tapa)
 - Módulo de conexión Easy Gun.
- Cañón procesado descartable, con perno soldado.
- Seguros seeger (2)
- O-ring de nitrilo (2)
- Protectores plásticos o tapas (2)

Conjunto cañón para mercado local

- Subconjunto porta carga
 - Tubo porta carga procesado
 - Arandelas soldadas (2)
- Cañón procesado descartable, con perno soldado.
- Seguros seeger (2)
- O-ring de nitrilo (2)
- Protectores plásticos o tapas (2)

Como se puede ver, el gran cambio entre estos productos se centra en su subconjunto porta carga, donde los “Easy Gun” contienen un cableado utilizado para la activación de la futura carga explosiva integrada por el cliente. En cambio, los otros subconjuntos, además de no tener el cableado, se diferencian por el tipo de tapa que llevan. Los del tipo estándar llevan una tapa plástica con flejes, mientras que los de mercado local llevan soldada una arandela que cumple la función de tapa.

3.2 Desarrollo de simulación.

3.2.1 Condiciones iniciales

Para el análisis del proceso productivo, se deben identificar los factores que lo integran (tareas, recursos y flujo de trabajo). Las siguientes tablas muestran especificaciones de cada uno de ellos, los cuales han sido determinados a través de información y documentación desarrollada por la empresa. Toda esta información será de ayuda para la conformación de la simulación, la cual nos permitirá identificar los posibles inconvenientes generados en la línea de producción.

Tabla 1: Lista de actividades del proceso, con tiempo promedio, desviación estándar, eficiencia, recursos utilizados, más cantidad de no conformes arrojados en tareas de inspección.

Actividades							
N°	Descripción	Clase	Desv. STD (Min)	T. Promedio (Min)	Eficiencia	Recurso utilizado	% NC
1	Carga de maquina	Tarea manual	0,2	0,5	100%	Operario Farley	
2	Maquina Laser Farley	Automática		19,6	85%	Operario Farley	
3	Programación Farley y control de tubos Porta carga	Tarea manual	0,3	1,7	100%	Operario Farley	3,3%
4	Armado de subconjunto Estándar/ML	Tarea manual	0,1	1	100%	Operarios armado de Subconjuntos	
5	Armado de subconjunto Easy Gun	Tarea manual	1,2	12	100%	Operarios armado de Subconjuntos	
6	Armado de conjunto cañón	Tarea manual	0,3	1	100%	Operarios armado de Subconjuntos	
7	Torno FEMCO/OKUMA	Semiautomática	1	5,25	85%	Operarios Tornos	
8	Soldadora pernos	Automática		0,75	80%	-	
9	Scallopeadora	Automática		2,25	80%	-	
10	Chaveteadora	Automática		1,25	80%	-	
11	Marcadora	Automática		1	80%	-	
12	Limpieza, laqueado y aplicación de hoja de control en cañones	Tarea manual	0,2	0,5	100%	Operario salida Celda Cañones Cortos	3%
13	Pintado y empaquetado cada 50 cañones	Tarea manual	0,2	0,4	100%	Operario salida Celda Cañones Cortos	
14	Movimiento de tubos a sector de armado de subconjuntos	Transporte manual	0,05	0,2	100%	Operario Farley	
15	Movimiento de subconjuntos a sector de armado de conjunto cañón	Transporte manual	0,05	0,2	100%	Operarios armado de Subconjuntos	
16	Movimiento de cañones a sector de empaquetado	Transporte semiautomático	0,25	0,5	90%	Operario salida Celda Cañones Cortos	
17	Movimiento de paquete de cañones a sector de armado de conjunto cañón	Transporte semiautomático	2	7	90%	Operario salida Celda Cañones Cortos	

Cabe destacar que los tiempos descritos han sido obtenidos a través de estudios de tiempos previamente analizados. Además, la eficiencia de las máquinas automáticas contempla los tiempos de parada de las mismas. Por otro lado, las operaciones manuales o semiautomáticas tienen su eficiencia ligada exclusivamente a los operarios. Es por esto que en la tabla muestran una eficiencia del 100%.

Tabla 2: Recursos y operarios de la línea de producción, eficiencia, turnos de trabajo y costos operativos.

N°	Descripción	Cantidad	Recursos			Costo/Mir	Costo/hora	Turno trabajo(Hs)
			Eficiencia	Rango				
1	Operario Farley	1	80%	Oficial		3,438	206,28	14
2	Operarios armado de Subconjuntos	1	80%	Operario calificado		2,59	155,4	24
3	Operarios Tornos	2	85%	Oficial superior		3,445	206,7	24
4	Operario salida Celda Cañones Cortos	1	80%	Oficial		3,438	206,28	24
5	Maquina Farley	1	85%	-		2,9475	176,85	12
6	Celda de cañones cortos	1	80%	-		6,7115	402,69	24
7	Banco de ajuste cañon (armado conjunto)	1	100%	-		0,0148	0,888	24
8	Operarios adicionales para tener en cuenta			Operario		2,5396	152,376	-

Como la maquina laser Farley abastece 2 líneas de procesamiento (tubos para cañones largos y cortos), se determinó el tiempo diario máximo de utilización de la misma en la línea de cañones largos, de acuerdo al pronóstico anual de la demanda de la empresa.

Tabla 3: Cálculo de tiempo de uso de maquina Farley necesario para la línea de cañones largos.

Procesamiento de tubos para cañones largos			
Cantidad pies procesados anuales	Cantidad pies diarios maximos	Tiempo de procesamiento diario maximo (Min)	TPM (HS)
89408,25	593,29	480,56	8

Con esto se puede apreciar que la maquina Farley tiene una disponibilidad para la línea de cañones cortos de 2 turnos de 8 horas diarios. Para que la simulación de la condición inicial sea lo más exacta posible, se determinó que la misma trabajará un turno de 12 horas diario en la línea estudiada, tal como sucede en la realidad.

Además, el **pronóstico anual de la demanda de la empresa** se utilizó para determinar la cantidad de los tipos de productos que se deben producir para el 2017.

Tabla 4: Cantidad anual y diaria máxima demandada de cañones cortos del tipo EasyGun y Estándar/Mercado local, contemplando cantidad de no conformes en la línea.

Tipo de cañón	Cantidad anual	Cantidad diaria maxima	% Producido sobre el total	% Producido teniendo en cuenta no conformes
Easy Gun	8213	80,4	81,69%	79%
Estándar/Local	1841	9,5	18,31%	18%

Se tomaron 20 días de trabajo disponibles en el mes para realizar los cálculos de cantidad diaria máxima. A continuación, se detalla el flujo de trabajo realizado en la línea, en el cual se puede apreciar de mejor manera las actividades y recursos especificados anteriormente.

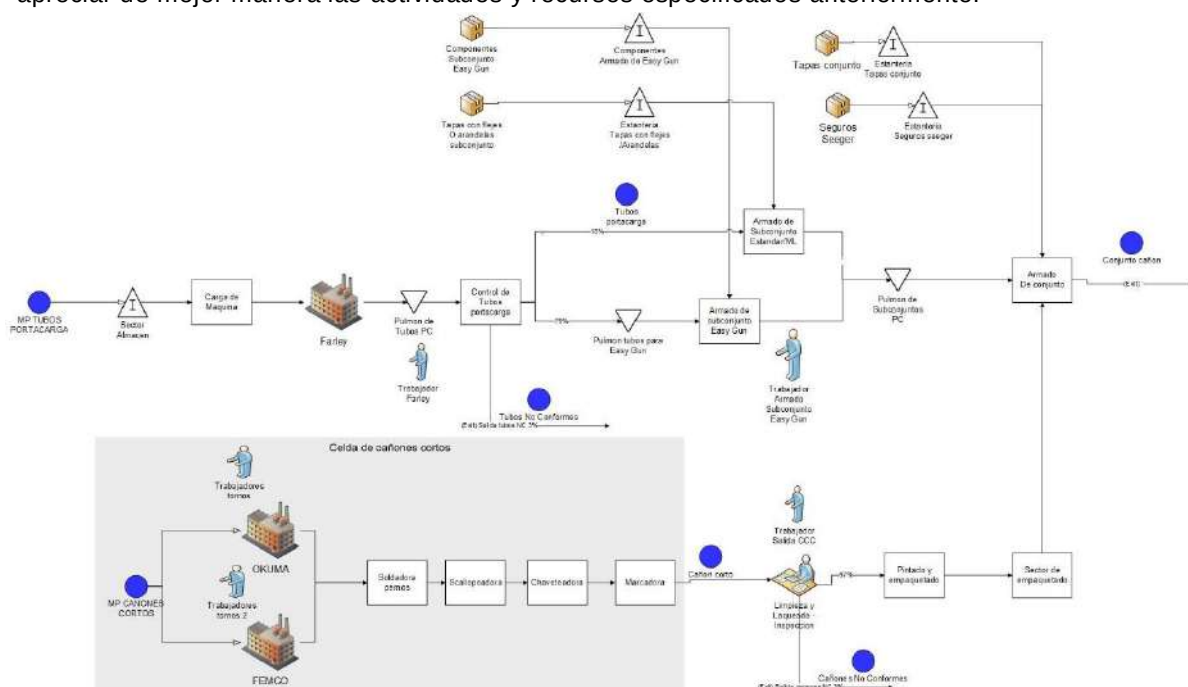


Figura 1: Esquema del proceso desarrollado a través de Process Simulator

Una vez finalizado el análisis de la línea, se procede a conformar la simulación de la misma y evaluar sus resultados.

3.2.2 Resultados de simulación en condiciones iniciales

Como la operación manual de armado de subconjuntos “Easy Gun” resulta ser tarea crítica, y esta depende de la cantidad de operarios que se encuentren en la misma por ser una tarea manual, se han generado 4 escenarios diferentes, donde la cantidad de operarios aumenta de 1 a 4 respectivamente en dicha operación.

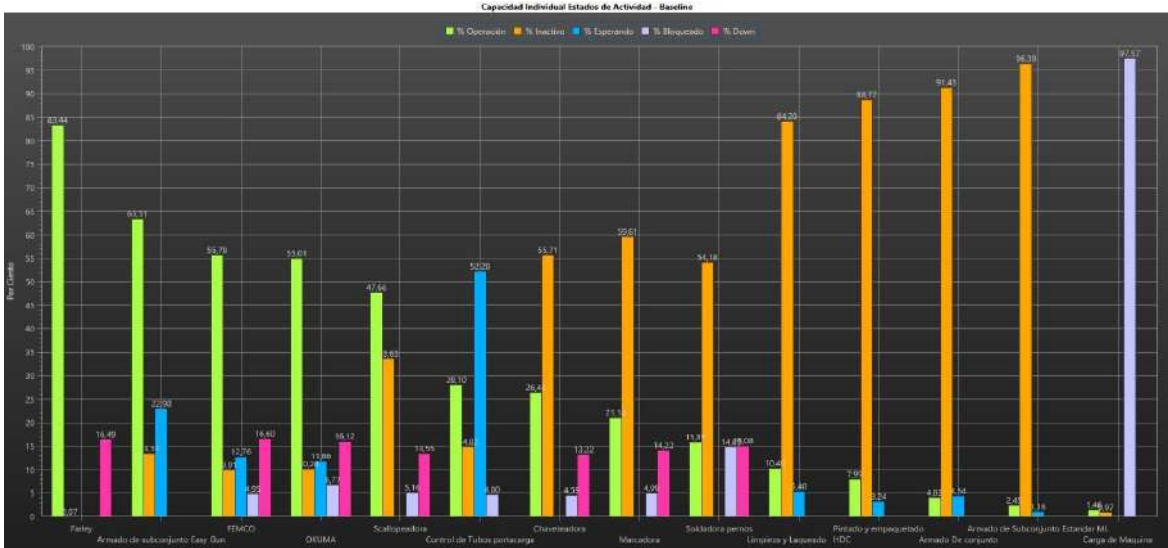


Figura 2: Estado de actividades en escenario 1



Figura 3: Eficiencia de recursos en escenario 1

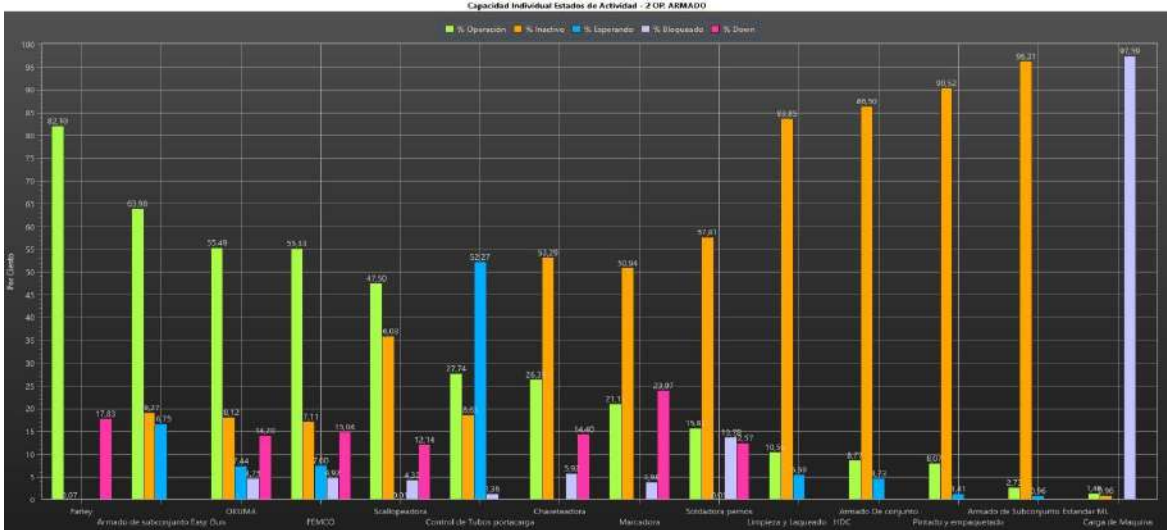


Figura 4: Estado de actividades en escenario 2



Figura 5: Eficiencia de recursos en escenario 2

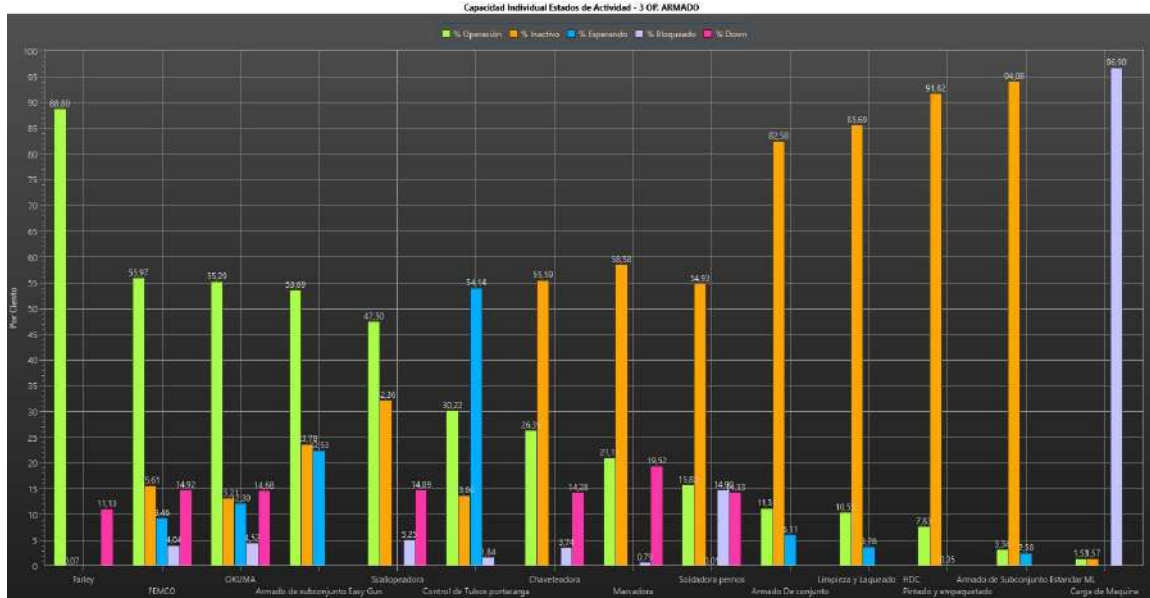


Figura 6: Estado de actividades en escenario 3



Figura 7: Eficiencia de recursos en escenario 3

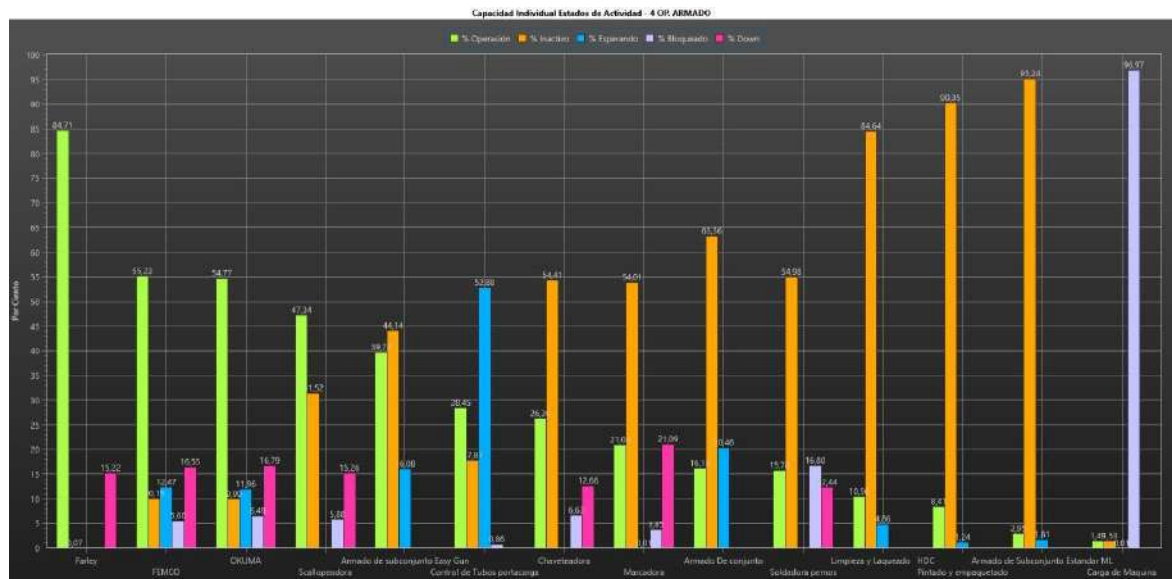


Figura 8: Estado de actividades en escenario 4



Figura 9: Eficiencia de recursos en escenario 4

3.2.3 Comparación de escenarios con respecto a salidas, tiempos promedio y costos operativos

Tabla 5: Total de salidas de productos procesados en la línea, en cada uno de los escenarios realizados.

Nombre	Total Salidas			
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Tubos porta carga	248	248	248	248
Subconjuntos Estándar/Local	35	39	48	48
Subconjuntos Easy Gun	75	158	192	192
Conjunto Cañón	57	125	162	232
Tubos PC no conformes	7	8	8	8
Cañones no conformes	11	11	11	11

Tabla 6: Tiempos en sistema y de ciclo del producto final realizado, costo operativo promedio por unidad producida.

Escenario	Nombre	Tiempo promedio en sistema (Min)	Tiempo promedio en operación (Min)	Costo promedio
1 Operario	Conjunto cañón	889	12,45	72,18
2 Operarios	Conjunto cañón	771	12,44	79,6
3 Operarios	Conjunto cañón	686	12,47	86,11
4 Operarios	Conjunto cañón	527	12,38	93,9

Tabla 7: Costos operativos totales. Identificación de costos de oportunidad perdidos, o costos por no uso.

Escenario	Costo por no uso	% sobre total	Costo por uso	% sobre total	Costo total
1 Operario	9368	44,5%	11701	55,5%	21069
2 Operarios	9586	38,7%	15202	61,3%	24788
3 Operarios	10580	37,1%	17930	62,9%	28510
4 Operarios	10993	36,0%	19525	64,0%	30518

3.2.4 Conclusiones de condición inicial

Al analizar los datos expresados anteriormente, se puede llegar a identificar las siguientes deficiencias del proceso:

- La utilización de un solo operario en el armado de subconjuntos y conjuntos hace que NO se pueda satisfacer la demanda diaria máxima de la empresa. Si bien los subconjuntos que salen del sistema son más que los necesarios, el operario que realiza la tarea de armado de conjuntos no alcanza a cumplir con su objetivo.
- El porcentaje de eficiencia del trabajador a la salida de la celda de cañones cortos es muy bajo, un 37%, pues se puede ver que las operaciones que este realiza contienen tiempos de inactividad muy altos.
- El tiempo de trabajo utilizado para el armado de subconjuntos del tipo estándar es mínimo (un 3% del tiempo total), esto equivale a 45 minutos del día aproximadamente. Esta tarea puede ser asignada a operarios que no tengan un tiempo de trabajo ocupado muy alto.
- La capacidad máxima de procesamiento de cañones de la empresa es de 232 unidades, con un costo operativo de \$93,9, teniendo solo en cuenta los costos detallados anteriormente. Esto es alrededor de un 40% más caro que si se utilizara un solo operario. Cabe destacar que el porcentaje de eficiencia en costos al utilizar 4 operarios mejora de un 55,5% a un 64%. De todas maneras este es bajo.
- El número de No Conformidades que arroja la línea es de aproximadamente 10 cañones y 8 tubos diarios. Esto se puede tener en cuenta a la hora de elegir un sector en el cual almacenarlos.
- La eficiencia de los operarios de los tornos es relativamente baja, debido al acumulamiento de ineficiencia de las máquinas de la celda de cañones cortos. Para mejorar la eficiencia de la celda de cañones cortos, se debe analizar cómo mejorar cada una de las máquinas que la integran.
- El tiempo promedio de operación del conjunto cañón NO varía sustancialmente en los diferentes escenarios, debido a que estos dependen del tiempo promedio de la celda de cañones cortos.
- La cantidad de tubos porta carga procesados en la maquina Farley excede altamente a la cantidad necesaria para el cumplimiento de la demanda diaria máxima. También se excede la cantidad de cañones máximos que pueden salir de la línea en una labor diaria.

3.2.5 Propuesta de mejora

A través de este análisis se han planteado ciertas alternativas, las cuales se agregarán a la simulación para verificar si estas optimizan el rendimiento de la línea:

Mejoras en actividades

- La actividad de armado de subconjuntos estándar/Mercado local la realizara el operario de la maquina Farley, con el fin de aumentar la eficiencia del mismo y concentrar los esfuerzos de los otros operarios en el armado de subconjuntos "Easy Gun".
- El operario a la salida de la celda de cañones cortos realizará el armado de conjuntos cañón. Este paso conlleva el mismo fin que el anterior.
- El operario de armado de subconjuntos Easy Gun se enfocara solo en esa tarea, más el movimiento de los mismos al sector de armado de conjuntos.
- Ya que la cantidad de tubos porta carga procesados en 12 horas es muy alta, la máquina Farley trabajará solo un turno de 8 horas en la línea de cañones cortos. Esto hará que la maquina Farley trabaje como máximo 2 turnos de 8 horas diarios en toda la planta.

- Se intentará utilizar la menor cantidad de operarios posibles para que el costo promedio de los cañones sea el más bajo. Luego de la aplicación de estas alternativas, se crearan escenarios con más operarios en la tarea crítica (armado de subconjuntos) con el fin de ver cuál es la cantidad mínima de operarios necesarios para alcanzar el pronóstico de ventas y la producción máxima de la línea.

Mejoras en la línea

- A fines de utilizar los tiempos de inactividad generados en las operaciones realizadas a la salida de la celda de cañones cortos, se creara en la simulación un pulmón a la salida de ella, de manera que el operario tenga la libertad de moverse en otras operaciones antes de atender a la misma. El pulmón existente hoy en día es de 10 cañones cortos. Este puede extenderse a 50, como la cantidad de cañones por paquete, para ver qué cambios produce sobre el proceso.
- Se determinará un sector en el cual pueda ingresar una cantidad de 10 cañones y 10 tubos no conformes diarios, donde los mismos puedan tener la descripción de su problema y su trazabilidad. Estas facilidades podrán ayudar a la corrección de los no conformes en lo que va del día.

3.2.6 Resultados de la simulación de mejora

A fines de no hacer tan extenso el informe, se muestra a continuación solo los resultados de la eficiencia de los recursos utilizados, en los cuales se ven los principales cambios realizados.



Figura 10: Eficiencia de recursos en escenario 1



Figura 11: Eficiencia de recursos en escenario 2



Figura 12: Eficiencia de recursos en escenario 3

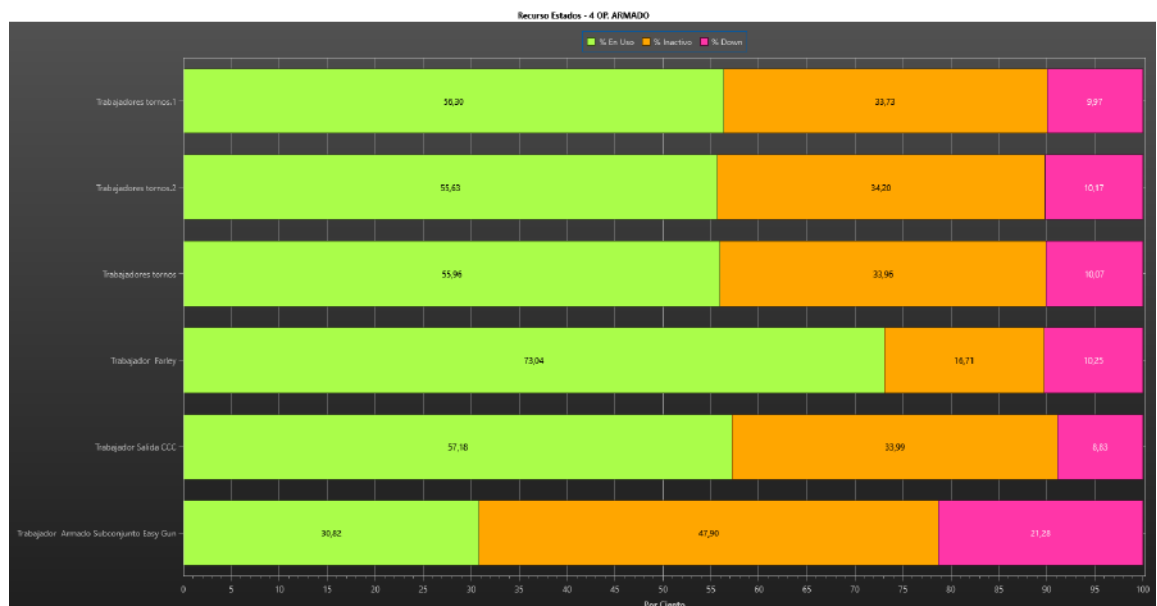


Figura 13: Eficiencia de recursos en escenario 4

Como se puede apreciar, el porcentaje de operación de los trabajadores de armado de subconjuntos y de la celda de cañones cortos baja en los últimos dos escenarios. Esto se debe a que se encuentran sin tubos porta carga al final del día, haciendo que aumente su porcentaje de inactividad. Para cambiar esto, se utilizara a la maquina Farley por 12 horas en los últimos 2 escenarios. Estos son detallados como el escenario 3.1 y el escenario 4.1.



Figura 14: Eficiencia de recursos en escenario 3.1

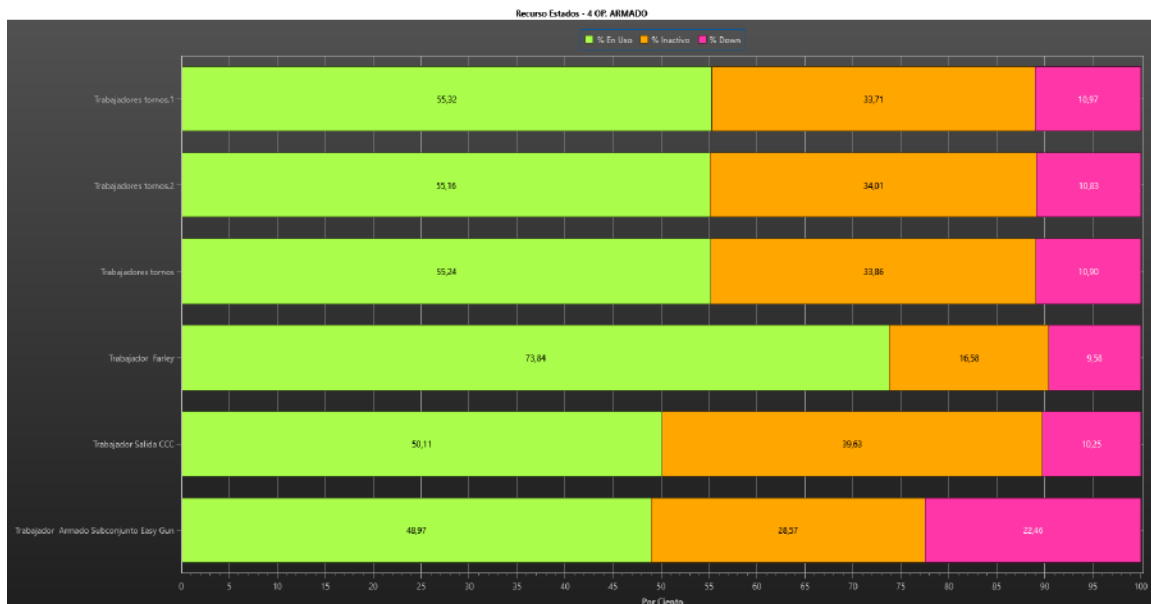


Figura 15: Eficiencia de recursos en escenario 4.1

Realizando este cambio se nota un claro aumento de operación de los trabajadores de armado de subconjuntos. Por otro lado, el trabajador encargado del armado de conjunto cañón (trabajador salida CCC) disminuye levemente su porcentaje operación debido a que cada vez que realiza esta operación, tiene stock suficiente de subconjuntos como para vaciar la estación de trabajo y volver a la realización de las otras actividades, las cuales tienen un porcentaje de inactividad por bloque alto.

Como el porcentaje de operación de los últimos 2 recursos encontrados en el escenario 4.1 sigue siendo relativamente bajo, se realizara un nuevo escenario donde se aumentara el tiempo de trabajo de la maquina Farley a 16 horas, es decir, dos turnos de ocho horas. El escenario 4.2.

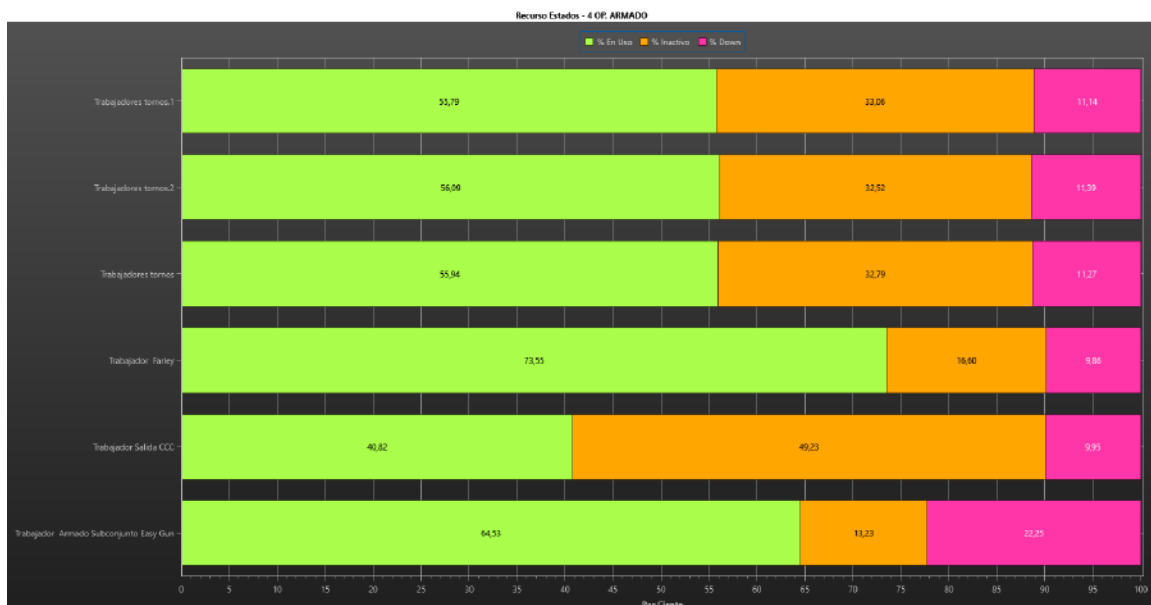


Figura 16: Eficiencia de recursos en escenario 4.2

3.2.7 Comparación de escenarios con respecto a salidas, tiempos promedio y costos

Tabla 8: Total de salidas generadas de cada producto del sistema, en cada escenario de la propuesta de mejora.

Total Salidas							
Nombre	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 3.1	Escenario 4.1	Escenario 4.2
Tubos porta carga	168	168	168	168	256	256	336
Subconjuntos Estandar/ML	40	36	23	31	48	56	73
Subconjuntos Easy Gun	124	127	140	133	204	191	254
Cañones cortos	306	306	306	306	306	306	306
Conjunto Cañon	118	155	162	154	237	236	250
Tubos PC no conformes	4	5	3	4	4	7	9
Cañones no conformes	10	7	7	6	8	9	15

Tabla 9: *Tiempos totales y de ciclo de producto final en cada escenario. Costo operativo promedio.*

Escenario	Nombre	Tiempo promedio en sistema (Min)	Tiempo promedio en operación (Min)	Unidades	Costo promedio
Escenario 1	Conjunto cañón	592,74	12,41	118	95,8
Escenario 2		383,27	12,44	155	78,2
Escenario 3		391,47	12,47	162	82,4
Escenario 4		376,76	12,42	154	80,1
Escenario 3.1		383,33	13,64	237	81,3
Escenario 4.1		383,55	13,64	236	81,6
Escenario 4.2		385,33	12,4	250	79,6

Tabla 10: *Costos operativos totales. Identificación de costos de oportunidad perdidos, o costos por no uso en pesos.*

Escenario	Costo por no uso	% sobre total	Costo por uso	% sobre total	Costo total
Escenario 1	7154,02	35,4%	13038	64,6%	20192,02
Escenario 2	10075	44,7%	12472	55,3%	22547
Escenario 3	12877	49,2%	13298	50,8%	26175
Escenario 4	17230	57,7%	12655	42,3%	29885
Escenario 3.1	11324	40,6%	16572	59,4%	27896
Escenario 4.1	15152	47,9%	16482	52,1%	31634
Escenario 4.2	13453,41	40,7%	19602	59,3%	33055,41

4. CONCLUSIÓN

4.1 Análisis de datos

- En cuanto a salidas, todas las nuevas alternativas o escenarios cumplen con la cantidad de conjuntos cañón necesarios para alcanzar el pronóstico de demanda de cañones de punzonamiento de la empresa.
- El tiempo de operación promedio de los cañones no varía considerablemente, lo que presenta cambios es el tiempo total en sistema, el cual es muy alto en el escenario 1.
- El costo total de los escenarios varían de acuerdo a la cantidad de cañones procesados, pero la mejor utilización de estos se dan en los escenarios 1, 3.1 y 4.2.
- El escenario 4.2 nos arroja la máxima capacidad de la línea. Cabe destacar que en este escenario queda una cantidad de 41 cañones a la espera de ser empaquetados y finalizados, por lo que si se aminorara la cantidad de no conformes y se llegarían a los 50, se podría completar un nuevo paquete. No cabe duda que este escenario puede alcanzar la capacidad máxima de 300 conjuntos cañón.
- El costo promedio por conjunto cañón más bajo se da en el escenario 2 (\$78,2), seguido por el escenario 4.2 (\$79,6). Estos son más altos que el escenario 1 de la condición inicial, pero otorga la ventaja de alcanzar el pronóstico de demanda de la empresa en ambos casos, y la capacidad máxima en el escenario 4.2. Además, el escenario 2 de la propuesta de mejora permite tener libre a la maquina Farley 4 horas diarias que el escenario 1 inicial (\$708 de costo de oportunidad por utilizar más la maquina).

4.2 Conclusión final

- Para alcanzar el pronóstico demandado de la empresa de la forma más eficiente, utilizar el **ESCENARIO 2** de la propuesta de mejora. Este contiene el costo promedio más bajo para el alcance del mismo.
- Si se debe satisfacer una demanda muy alta, trabajar a máxima capacidad con el **ESCENARIO 4.2**, siempre y cuando no haya un requerimiento de más de 8 horas de la maquina Farley en la celda de cañones largos, y se cuente con la cantidad de recursos demandados.
- Por último, si se necesita producir menos de 50 cañones diarios, se puede utilizar el **ESCENARIO 1** de la condición inicial (costo promedio más bajo), pero con la utilización de un turno de 8 horas de la maquina Farley, más la ayuda del operario de la salida de cañones cortos en el armado de conjunto cañón. De esta forma se disminuye la ineficiencia del escenario, y se aprovecha su bajo costo promedio.

5. REFERENCIAS

- [1] Process Simulator Tutorial. (2014). www.promodel.com/onlinehelp/processsimulator.
- [2] Andris Freivalds; Benjamín Niebel. (2014) Ingeniería Industrial, Métodos, estándares y diseño del trabajo. XIII edición. Editorial McGRAW HILL.

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS MEDIANTE EL DISEÑO DE PARÁMETROS DE PROCESO SEGÚN MÉTODO SUPERFICIE DE RESPUESTA

PROCESS OPTIMIZATION BY DESIGNING OF PROCESS PARAMETERS THROUGH RESPONSE SURFACE METHOD

Saavedra, Alejandra¹, Rodrigo, Alex¹, Garrera Raúl A^{1 2}

¹ Grupo de investigación de control avanzado de procesos y producción GICAPP
UTN Facultad Regional Córdoba,
Maestro M. López esq. Cruz Roja Argentina, C.P. 5000, Córdoba, Argentina
utn.gicapp@gmail.com

² Persona a quién debe estar dirigidos los mails.

RESUMEN: En el mecanizado de piezas, la calidad superficial es uno de los requerimientos más importantes del cliente. Existen muchos parámetros como la velocidad de corte, la velocidad de avance, el radio de la punta de la herramienta de corte, las revoluciones por minuto, entre otros; los cuales tienen un gran impacto en la calidad superficial. En este trabajo se presenta una alternativa para la selección de los parámetros que optimizan el acabado superficial en el proceso de torneado. Esto se realizó aplicando diseño experimental y posteriormente la metodología de superficie de respuesta.

Palabras claves: Método Superficie de Respuesta, Optimización, Minitab

ABSTRACT: In the machining of parts, the surface quality is one of the most important customer requirements. There are many parameters as cutting speed, feed rate, the tip radius of the cutting tool, rpm, among others; which they have a great impact on the surface quality. In this work an alternative for selection of parameters that optimize the surface finish in the turning process occurs. This experimental design was performed by applying and subsequently the response surface methodology.

Keywords: Response Surface Method, Optimization, Minitab

1 – INTRODUCCIÓN

El método de superficie de respuesta (RSM), desarrollado por Box y Wilson en 1950; es una colección de técnicas estadísticas y matemáticas que son útiles para el modelado y análisis de los problemas en el que una respuesta de interés está influenciada por varias variables y el objetivo es optimizar esta respuesta. En otras palabras RSM es una técnica para determinar y representar la relación causa y efecto entre verdaderas respuestas medias y variables de control de entrada que influyen en las respuestas como una superficie de dos o tres dimensiones. La RSM se ha aplicado en una amplia variedad de optimizaciones de ajuste y parámetros industriales, tales como químico, semiconductor, fabricación electrónica, mecanizado, procesos de corte de metal. Los pasos generales de la técnica de RSM son los siguientes:

- 1) Diseñar y llevar a cabo una serie de experimentos para obtener suficiente y confiable medición de la respuesta deseada.
- 2) Desarrollo de modelos matemáticos
- 3) Encontrar el conjunto óptimo de factores experimentales (parámetros de proceso) que produce un valor máximo o mínimo de la respuesta.
- 4) Restablecimiento de los efectos directos e interactivos de los parámetros del proceso a través de dos y tres dimensiones.

Para llevar a cabo el experimento se utilizó la matriz ortogonal obtenida en el trabajo de Optimización de procesos mediante el diseño de parámetros de proceso según método Taguchi. El diseño experimental para los tres factores con tres niveles utilizando se muestra en la tabla a continuación. Para el desarrollo del método de superficie de respuesta, se procede a diseñar con la ayuda de software de Minitab 17.

Tabla 1 – Recolección de datos

N° DE EXPERIMENTO	PARÁMETROS DE CORTE			RUGOSIDAD Ra	DIMENSIÓN
	Velocidad de corte	Avance de herramienta	Profundidad de corte		
1	162	0,45	0,8	10,4	28,40
2	162	0,5	1	12,5	28,38
3	162	0,55	1,2	13,5	28,41
4	180	0,45	1,2	10,7	28,40
5	180	0,5	0,8	13,7	28,42
6	180	0,55	1	13,4	28,41
7	198	0,45	1	11,5	28,40
8	198	0,5	1,2	11,9	28,40
9	198	0,55	0,8	13,4	28,41

2 – DESARROLLO

Diseño del experimento

Se refiere al proceso de planificación, diseño y análisis del experimento de manera válida y objetiva.

Factores:

Son variables que tienen influencia directa sobre el rendimiento del producto o proceso bajo investigación.

Los factores son de dos tipos:

- Cualitativo: este factor es discreto en la naturaleza. Ejemplo: Recipiente, Vendedor, tipo de materiales, etc.
- Cuantitativo: este factor es continuo en la naturaleza. Ejemplo: Velocidad de corte, la alimentación, la profundidad de corte, la temperatura, la presión, etc.

Niveles

Se trata de los valores o de la descripción que define la condición del factor requerido durante los experimentos

3 – METODOLOGIA

3.1 – Caso de Estudio

En este trabajo se procede a estudiar un caso de aplicación del Método Superficie de Respuesta, el cual consiste en diseñar un experimento que proporcione valores razonables de la variable respuesta. Basándose en los datos del estudio realizado con el método Taguchi.

El objetivo del estudio es obtener los valores óptimos de los parámetros seleccionados para optimizar la **Rugosidad** del material.

3.1.1 Selección de los parámetros de corte y sus niveles

Tabla 2 – Parámetros de corte

Parámetros de Corte	Unidad	Nivel 1 (min)	Nivel 2 (nom)	Nivel 3 (max)
Velocidad de corte	m/min	162	180	198
Avance de herramienta	mm/min	0,45	0,5	0,55
Profundidad de corte	mm	0,8	1	1,2

Parámetros de salida (respuesta): Rugosidad de la superficie

3.1.2 Experimento con Minitab

Por medio de Minitab se crea el diseño de superficie de respuesta:

[>Estadísticas >DOE >Superficie de Respuesta >Analizar diseño de superficie de respuesta](#)

Se introducen los datos del diseño factores, niveles y respuesta y se ven los resultados arrojados.

Tabla 3 – Datos de diseño

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	Velocidad de corte	Avance de herramienta	Profundidad de corte	Rugosidad	OrdenEst	OrdenCorrida	Bloques	TipoPt
1	162	0,45	0,8	10,4	1	1	1	1
2	162	0,50	1,0	12,5	2	2	1	1
3	162	0,55	1,2	13,5	3	3	1	1
4	180	0,45	1,2	10,7	4	4	1	1
5	180	0,50	0,8	13,7	5	5	1	1
6	180	0,55	1,0	13,4	6	6	1	1
7	198	0,45	1,0	11,5	7	7	1	1
8	198	0,50	1,2	11,9	8	8	1	1

Regresión de superficie de respuesta: Rugosidad vs. Velocidad de. Avance de he. Profundidad

No se pueden estimar los siguientes términos y se eliminaron:

Velocidad de corte*Profundidad de corte. Avance de herramienta*Profundidad de corte

Tabla 4 – Análisis de la varianza

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F
Valor p				
Modelo	7	11,5400	1,64857	*
* Lineal	3	6,0890	2,02967	*
* Velocidad de corte	1	0,0208	0,02083	*
* Avance de herramienta	1	3,8533	3,85333	*
* Profundidad de corte	1	1,0208	1,02083	*
* Cuadrado	3	1,0763	0,35878	*
* Velocidad de corte*Velocidad de corte	1	0,4537	0,45375	*
* Avance de herramienta*Avance de herra	1	0,7350	0,73500	*
* Profund de corte*Profund de corte	1	0,0337	0,03375	*
* Interacción de 2 factores	1	1,5000	1,50000	*
* Velocidad de corte*Avance de herram	1	1,5000	1,50000	*
Error	0	*	*	
Total	7	11,5400		

Resumen del modelo

S	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
*	100,00%	*

Tabla 5 - Coeficientes codificados

Coeficientes codificados

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	12,97	*	*	*	
Velocidad de corte	-0,08333	*	*	*	1,62
Avance de herramienta	1,133	*	*	*	1,62
Profundidad de corte	-0,5833	*	*	*	1,63
Velocidad de corte*Velocidad de corte	-0,5500	*	*	*	1,25
Avance de herram*Avance de herram	-0,7000	*	*	*	1,25
Profundid de corte*Profundid de corte	0,1500	*	*	*	1,25
Velocidad de corte*Avance de herram	-1,000	*	*	*	1,92

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

Rugosidad = -215,9 + 1,162 Velocidad de corte + 502,7 Avance de herramienta - 10,42 Profundidad de corte - 0,001698 Velocidad de corte*Velocidad de corte - 280,0 Avance de herramienta*Avance de herramienta + 3,750 Profundidad de corte*Profundidad de corte - 1,111 Velocidad de corte*Avance de herramienta

Rugosidad = -215,9 + 1,162 Vc + 502,7Ah - 10,42Pc - 0,001698Vc*Vc - 280,0Ah*Ah + 3,750Pc*Pc - 1,111Vc*Ah

3.1.3 Gráficos

Gráfica de superficie de Rugosidad vs. Avance de herramienta. Velocidad

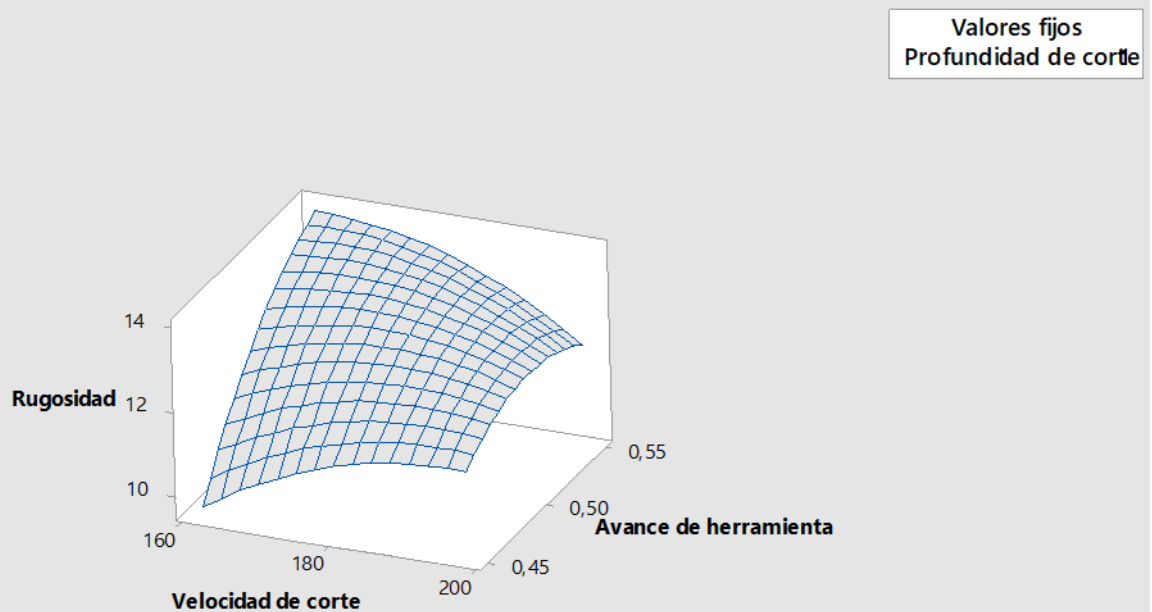


Figura 1 Gráfica de rugosidad, velocidad de corte y avance herramienta

En la profundidad de corte constante la rugosidad superficial aumenta con la velocidad de corte y también aumenta con el avance de la herramienta

Este fenómeno se entiende así, como la velocidad es baja, la fuerza es menor y no uniforme, lo que provoca una vibración en el sistema que puede verse fácilmente en la de acabado de la superficie.

Gráfica de superficie de Rugosidad vs. Profundidad de corte. Velocidad

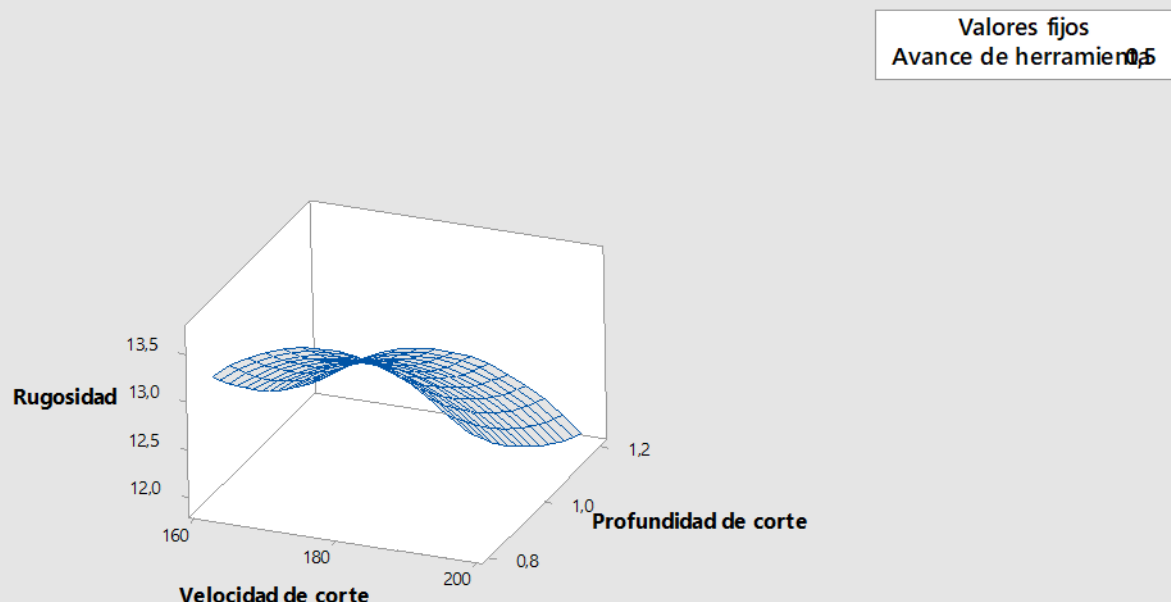


Figura 2 Gráfica de rugosidad, velocidad de corte y profundidad de corte

En avance constante la rugosidad superficial primero aumenta y luego disminuye con el aumento de velocidad / profundidad de corte o ambos. Pero hay cambio brusco debido a la velocidad y la profundidad de corte. Se pueden observar que la energía es baja para cizallar el volumen requerido de material en la fase de arranque, al aumentar la velocidad y la profundidad de corte se vuelve

igual a la exigencia de energía de deformación de cizallamiento que da suave eliminación de material.

Gráfica de superficie de Rugosidad vs. Profundidad de corte. Avance de

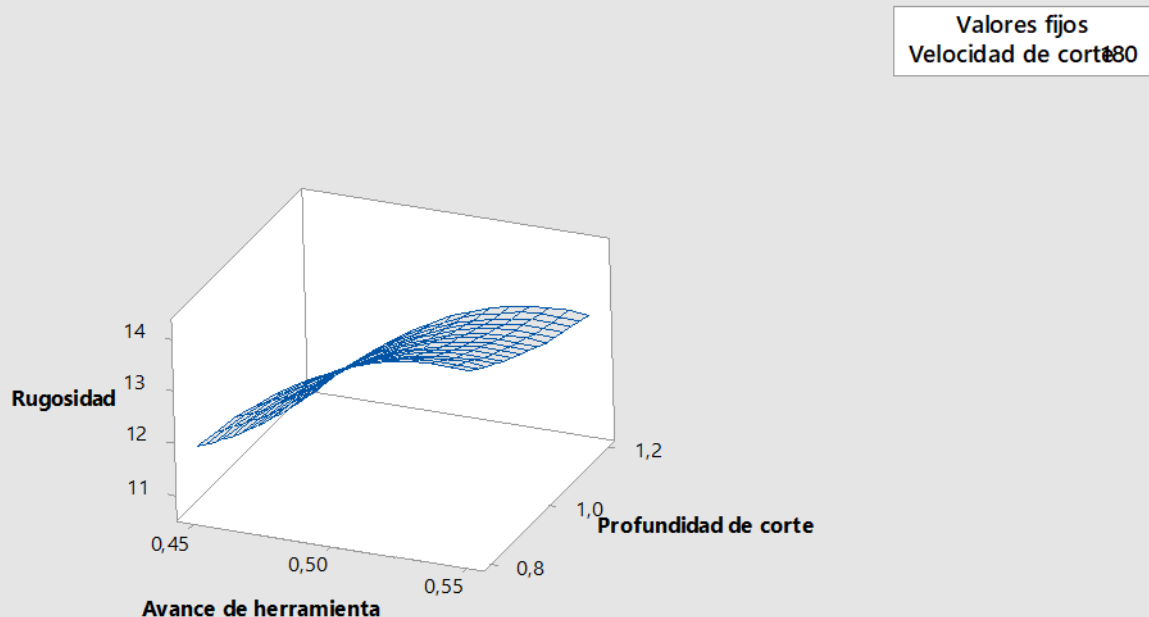


Figura 3 Gráfica de rugosidad, profundidad de corte y avance herramienta

En la velocidad de corte constante la rugosidad superficial aumenta con el avance de la herramienta y se mantiene en valores prácticamente constantes con la profundidad de corte.

3.1.4 Optimización de Respuesta Rugosidad

Tabla 6 Optimización de rugosidad

Parámetros

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación
Importancia					
Rugosidad	Mínimo		10,4	13,7	1

Solución

Solución	Velocidad de corte	Avance de herramienta	Profundidad de corte	Rugosidad Ajuste	Deseabilidad compuesta
1	162	0,45	1,2	9,23333	1

Predicción de respuesta múltiple

Variable	Valor de configuración
Velocidad de corte	162
Avance de herramienta	0,45
Profundidad de corte	1,2

Respuesta	Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
Rugosidad	9,233	*	(*. *)	(*. *)

4 - RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DATOS:

El objetivo del experimento es la optimización de los parámetros decisivos para conseguir mejor acabado superficial (es decir, baja rugosidad de la superficie), menores serán las mejores características.

Se obtuvo como resultado que cuando los parámetros sean:

Velocidad de corte 162

Avance de herramienta 0,45

Profundidad de corte 1,2

El valor de rugosidad superficial resultante es $Y = 9,233$

Gráfica de optimización

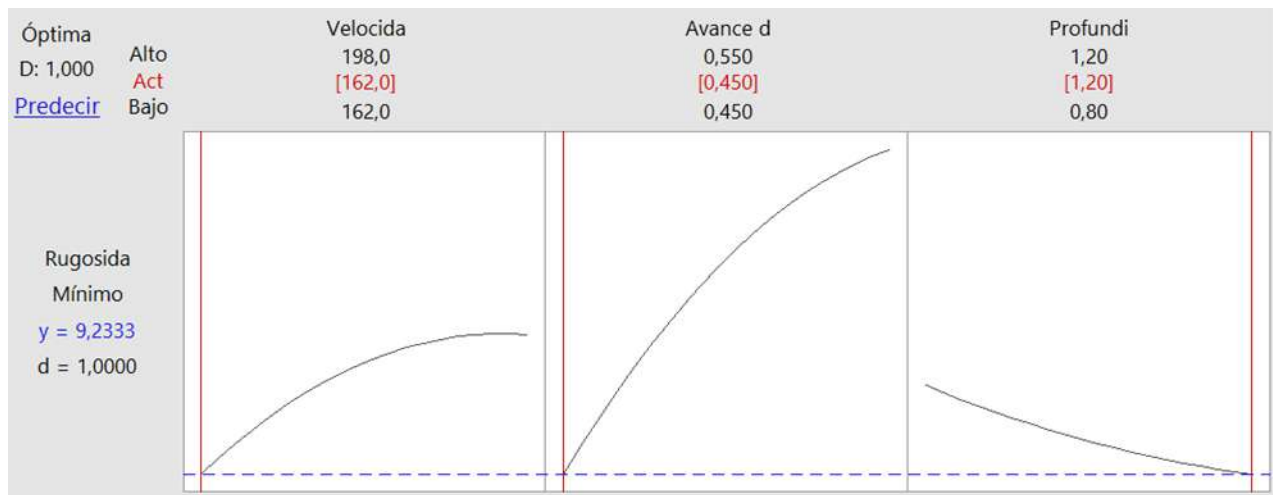


Figura 4 Gráficos de optimización

5 - CONCLUSIÓN

Métodos Taguchi y Superficie de Respuesta han tenido mucho éxito en el diseño de productos y procesos de los ámbitos más diversos de alta calidad. En este trabajo se propuso un método para seleccionar el conjunto más razonable de parámetros para el funcionamiento óptimo de mecanizado de torno. Los criterios de selección de parámetros se basan en salidas físicas de mecanizado es decir, rugosidad de la superficie. El presente estudio se puede concluir en los siguientes pasos:

1. Taguchi y RSM diseño de técnicas de experimentación puede ser usado de manera muy eficiente en la optimización de los parámetros de mecanizado en los procesos de torneado CNC.
2. Ajuste del parámetro óptimo para la rugosidad de la superficie se obtiene a una velocidad de corte de 162 m/min, avance de la herramienta 0,45 mm/min. y la profundidad de corte de 1,2 mm.
3. Los modelos empíricos para la rugosidad de la superficie se pueden predecir por:
$$\text{Rugosidad (Regresión)} = -215,9 + 1,162 Vc + 502,7Ah - 10,42Pc - 0,001698Vc*Vc - 280,0Ah*Ah + 3,750Pc*Pc - 1,111Vc*Ah$$
4. Diagramas de contorno y de superficie obtenidos a través de RSM se pueden usar como estándar para la selección de parámetros para acabado de la superficie objetivo.

6 – REFERENCIAS

Douglas C. Montgomery (2004) Diseño y Análisis de Experimentos. Segunda Edición. Editorial Limusa SA. México DF.

CAPITULO 2: METODOLOGIA DE SUPERFICIES DE RESPUESTA

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/peregrina_p_pm/capitulo2.pdf

Software Minitab

Área: GESTIÓN ECONÓMICA

INSTRUMENTOS DE PROMOCIÓN DE LAS EXPORTACIONES PARA PYMES Y SU UTILIZACIÓN EN EL PARTIDO DE LA MATANZA – ANALISIS COMPARATIVO 2015-2017. Serra, Diego ; Rodriguez, María Soledad; Novellino, Hilda; Kibisz, Eliana; Potenzoni, Micaela .

ESTUDIO DE MERCADO DE CEBOLLA DESHIDRATADA. Román, Celia; Riveros, Mathias A.; Monserrat, Martina; Echegaray, Marcelo; Palacios, Carlos; Rodriguez, Rosa A.

COSTEO BASADO EN ACTIVIDADES EN PRODUCCIÓN DE PULPA DE PAPEL MEZCLA DE KRAFT Y RECICLADO. Rodríguez, Ma. Analía; Martínez, Candela Lucía; Mues, Federico; Rodríguez, Ma. Elvira; Tucci, Victor.

EVALUACIÓN POR SIMULACIÓN PARA EL ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INCORPORACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LAS POLÍTICAS DE CONSUMO INDUSTRIAL. Bordón, Francisco; Berterame, Franco; Chezzi, Carlos María; Lerman, Ricardo; Penco, José Jorge; Tymoschuk, Ana Rosa.

ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL UTILIZANDO COMO MATERIA PRIMA EL RASTROJO DE MAÍZ Y SORGO. Ascurra, Adalberto Mario.

LA CRISIS DE SANTA CRUZ, CONSECUENCIAS NO DESEADAS DE LA ECONOMÍA DE RENTA. Lurbe, Rubén Mario.

EVALUACIÓN DE UNA RED DE CAR-POOLING MEDIANTE EXPERIMENTOS DE SELECCIÓN. De Zabaleta, Zenón; Giménez Losano, Ignacio; Dieguez, Ignacio; Bonoli Escobar, Mariano; Picasso, Emilio.

DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIA AL DESARROLLO SUSTENTABLE. Papini, Carlos N; Gauna, Sergio; Cuitiño, Alejandro.

ESTUDIO DE LAS DECISIONES DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA. Gonzalez, Xavier Ignacio;)Ramos, Silvia; Rojo, Horacio; Castellini, María Alejandra.

DETERMINACIÓN DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN DE EMPRESAS DEL SECTOR PRIVADO Y PÚBLICO DEL SUR MENDOCINO. Llorente, Carlos; Romani, Bruno; Labanca, María; Romani, Giuliana ; Moyano, Ariel.

APLICACIÓN DEL MÉTODO DE MONTECARLO EN LA EVALUACIÓN DE UN PROYECTO PARA EL LANZAMIENTO DE UN NUEVO PRODUCTO ALIMENTICIO. Fornari, Javier Fernando; Odetto, Fabio; Zanazzi, Elena.

INSTRUMENTOS DE PROMOCIÓN DE LAS EXPORTACIONES PARA PYMES Y SU UTILIZACIÓN EN EL PARTIDO DE LA MATANZA – ANALISIS COMPARATIVO 2015-2017

Serra, Diego (1) *; Rodriguez, María Soledad (2); Novellino, Hilda (3); Kibisz, Eliana (4); Potenzoni, Micaela (5);

Instituto de Investigaciones en Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Complejo Universitario – Av. Juan XXIII y Camino de Cintura – Lomas de Zamora (1832). i4@ingenieria.unlz.edu.ar / <http://www.institutoi4.net>

(1) diego.g.serra@gmail.com (2) solerodriguezbianchi@gmail.com (3) novellinohilda@gmail.com
(4) elianakibisz@live.com (5) mica.potenzoni@gmail.com

RESUMEN

El Perfil Productivo y Exportador del Partido de La Matanza demuestra una alta concentración en lo que respecta a empresas exportadoras, rubros y destinos de exportación: predominan las exportaciones de la industria metalúrgica; 10 empresas representan aproximadamente el 68% de las exportaciones en valor FOB y los países de América del Sur como destino principal representan más del 90% de las exportaciones. [1]

En el marco de la línea de investigación sobre “Instrumentos de promoción de las exportaciones para Pymes y su utilización para el aumento y diversificación de las exportaciones en el partido de La Matanza”, encontramos que pese al razonable grado de adecuación de los instrumentos existentes a las demandas de las Pymes exportadoras del distrito, la dificultad que encuentran dichas Pymes para una inserción efectiva en el mercado internacional se debe en parte a la falta de conocimiento y utilización de los instrumentos de promoción de exportaciones disponibles en la Argentina.

Siguiendo con esta línea de investigación, el presente trabajo tiene como objetivo actualizar la información sobre los instrumentos de Promoción de Exportaciones con el objeto de promover el conocimiento de la oferta en materia de Promoción Comercial en nuestro país.

La metodología utilizada consistirá en la revisión de las páginas web de las instituciones argentinas involucradas, a fin de realizar un análisis comparativo de las instituciones, programas e instrumentos de Promoción de Exportaciones relevados en 2015 y 2017 respectivamente. Este análisis comparativo permitirá, por último, identificar el impacto de los principales cambios institucionales y programáticos (políticas e instrumentos) en materia de Promoción Comercial sobre el grado de adaptación de los programas e instrumentos existentes a las demandas de las Pymes exportadoras del distrito en materia de comercio exterior.

Palabras Claves: Promoción de Exportaciones, Pymes, La Matanza.

ABSTRACT

The Productive and Export Profile of La Matanza County shows a high concentration in regards to export companies, products and destinations: metallurgic industry exports prevail, 10 companies represent about 68% of total exports in FOB value and Latin American countries as main export destination explain more than 90% of total exports. [1]

As part of the research about “Export Promotion instruments for Small and medium-sized enterprises (SMEs) and its usage for export development and export diversification in La Matanza district”, it was found that although the reasonable alignment of existing Export Promotion Instruments to La Matanza export SMEs needs, the main reason of the difficulty to effectively be part of International Markets is, partially, the lack of knowledge and usage of Export Promotion instruments available in Argentina.

Continuing the research, the main objective of this paper is to update the information of Export Promotion instruments in order to promote the knowledge of Commercial Promotion offering in our country. Methodology will consist in reviewing Argentine Export Promotion institutions web pages, so as to perform a comparative analysis of institutions, programs and instruments of Export Promotion studied in 2015 and 2017 respectively.

Finally, this comparative analysis will contribute to identify the impact of main institutional and programmatic changes related to Commercial Promotion on the level of alignment of existing programs and instruments to export SMEs needs in regards to Foreign Trade.

TRABAJO FINAL

1. INTRODUCCIÓN

La Política Comercial comprende todas las negociaciones y medidas de carácter público en el marco de acuerdos comerciales multilaterales o bilaterales, y otras políticas fiscales, monetarias o sociales, que pueden influir en los niveles de comercio y acceso a los mercados, así como también sobre los términos de intercambio. [2]

Dentro de la Política Comercial, podemos enmarcar dos aspectos diferenciados en cuanto a la promoción del comercio y las exportaciones:

1. La **Promoción del Comercio**, que comprende todas aquellas acciones gubernamentales e intergubernamentales, en el marco de tratados u otros acuerdos, que buscan incrementar el volumen o valor del comercio internacional y eliminar las restricciones al comercio. [2]

2. La **Promoción de Exportaciones**, que comprende las políticas y actividades estatales o nacionales diseñadas a fin de promover las exportaciones de bienes y servicios en el exterior. [2]

En este sentido, podemos definir la **Promoción de exportaciones** como el “conjunto de actividades diseñadas por entidades públicas y privadas con objeto de ayudar a las empresas en su internacionalización”. [3]

De tal forma, la Promoción de Exportaciones comprende un conjunto de políticas, que si bien se enmarcan en una estrategia más amplia de Política Comercial y Promoción del comercio, se orientan específicamente a facilitar el proceso de internacionalización para las empresas con potencial exportador y ayudarlas a enfrentar los principales obstáculos con los que dichas empresas se encuentran al iniciar la actividad exportadora.

Las políticas de Promoción de Exportaciones promovidas por el Estado en el marco de su estrategia de Promoción Comercial, se vuelven de esta manera esenciales a la hora de promover la inserción de las empresas en los mercados externos, sobre todo para las Pequeñas y Medianas empresas (Pymes) que encuentran mayores dificultades para ingresar en el mercado internacional.

Estos esfuerzos de promoción por parte de los gobiernos tienen como último objetivo contribuir a la diversificación del comercio, en términos de cantidad de empresas exportadoras, productos exportados y mercados de destino, así como también a la incorporación de productos de mayor valor agregado a la canasta exportadora, con el objeto de procurar el desarrollo económico de la economía en su conjunto.

En este sentido, al analizar el Perfil Exportador de La Matanza – en el marco de la línea de investigación “Instrumentos de promoción de las exportaciones para Pymes y su utilización para el aumento y diversificación de las exportaciones en el partido de La Matanza-, hemos comprobado que las políticas e instrumentos de Promoción de Exportaciones se constituyen como herramientas esenciales en función de la gran concentración de las exportaciones en unas pocas empresas, pocos rubros, y pocos destinos de exportación.

De la muestra analizada en el marco de la citada investigación, se pueden destacar 10 empresas que representan aproximadamente el 68% de las exportaciones en valor FOB para el año 2015; sólo cinco de ellas cubren el 50% de las exportaciones totales respecto de las industrias registradas. [1]

En lo que respecta a rubros de exportación en términos del valor FOB exportado, las principales actividades identificadas fueron: fabricación de papel y cartón excepto envases; fabricación de productos plásticos en formas básicas y artículos de plástico n.c.p., excepto mueble; fabricación de partes, piezas y accesorios para vehículos automotores y sus motores n.c.p. y fabricación de artículos de cemento, fibrocemento y yeso, excepto hormigón y mosaicos. [1]

Sobre las exportaciones por país de destino, la muestra de empresas demostró, en 2015, alcance a los cinco continentes, pero con una mayor y notoria preponderancia de los países de América del Sur como destino principal (quien representa más del 90% de las exportaciones). Asimismo, del total de destinos de exportación registrados, sólo cuatro países representan más del 70% de las exportaciones, en orden descendente: Brasil, Uruguay -quienes absorben más del 50% de las exportaciones de las Pymes - Paraguay y Bolivia. [1]

Esta gran concentración en lo que respecta al Perfil Exportador, sumada a las dificultades encontradas por las empresas del partido para lograr una inserción exitosa en los mercados internacionales, hacen de la Promoción de Exportaciones una herramienta imprescindible a la hora de promover el desarrollo exportador de la región.

Sin embargo, al analizar los instrumentos de Promoción de Exportaciones disponibles para las empresas del partido y su grado de conocimiento y utilización, hemos encontrado un gran desconocimiento de las instituciones e instrumentos de Promoción de Exportaciones – el 70% de las empresas encuestadas afirmaron desconocerlos-, y en consecuencia una baja tasa de utilización de los mismos. Finalmente, las pocas empresas que han hecho uso de dichos

instrumentos han calificado la experiencia como muy beneficiosa para su inserción en el mercado internacional, aunque dicha utilización se encontraba concentrada en un puñado de instituciones e instrumentos (principalmente financieros y de participación en ferias internacionales). [4]

En cuanto a las principales necesidades de apoyo en materia de Comercio Exterior y Promoción Comercial, las empresas encuestadas señalaron la capacitación, el financiamiento y el apoyo en investigación de mercados y marketing internacional como las más importantes. Por último, en cuanto a las dificultades encontradas en el proceso de internacionalización por parte de las Pymes exportadoras de La Matanza, la principal dificultad resultó ser la falta de financiamiento, seguida de las restricciones a la disponibilidad de divisas, el desconocimiento del proceso de exportación y la falta de disponibilidad de insumos, y en tercer lugar, la falta de recursos humanos calificados para el comercio exterior y la estructura de costos en el mercado interno. [4]

En este contexto de desconocimiento y escasa utilización de los instrumentos de Promoción de Exportaciones, sumado a una gran necesidad de apoyo en materia de exportación para resolver los innumerables obstáculos encontrados, surge la necesidad de actualizar la información sobre los instrumentos de Promoción Comercial existentes a nivel nacional. Esta actualización nos ayudará a analizar los cambios institucionales y programáticos (programas e instrumentos) producidos desde el inicio de nuestra investigación en 2015, y su impacto en el grado de adecuación de tales instrumentos a las demandas de apoyo en materia de comercio exterior de las Pymes exportadoras del Partido de La Matanza.

2. DESARROLLO: *Análisis comparativo de los Instrumentos de Promoción de Exportaciones disponibles en Argentina (2015-2017)*

En líneas generales, las instituciones involucradas en la ejecución de la Política de Promoción de Exportaciones ofrecen una amplia variedad de servicios a fin de ayudar a las empresas en el proceso de internacionalización. Los principales servicios comprenden:

- **Sistemas de información comercial** (información sobre mercados externos, incluyendo estadísticas sobre comercio exterior, producción y consumo, oportunidades comerciales, características de la demanda, canales de distribución, ferias y medios de promoción, requisitos de embalaje, etiquetado y calidad, etc.).
- Ayuda para la asistencia a **ferias internacionales**.
- **Misiones comerciales**, rondas de negocios, misiones inversas.
- Apoyo para la **formación de consorcios de exportación**.
- **Servicios de asesoramiento técnico** a exportadores, **capacitación y consultoría**. Por ejemplo, asesoramiento en materia de financiamiento a las exportaciones, determinación de costos y precios, así como desarrollo de programas de capacitación en materia de comercio internacional.
- **Posicionamiento de la imagen** del país en mercados externos.
- **Mecanismos de estímulo a las exportaciones** de carácter aduanero (draw back, admisión temporal, etc.), fiscal (exenciones y/o desgravaciones impositivas) y crediticio (financiamiento de exportaciones, seguro de crédito a la exportación, etc.).
- **Otros estímulos a las exportaciones** (compras directas del Estado de stock de productos exportables, mecanismos de compensación por fluctuación de precios internacionales, etc.).
- **Programas de transferencia de tecnología** dirigidos a sectores específicos, orientados a profundizar la relación entre productores e instituciones de gobierno.
- **Facilitación y acceso a mercados** (fortalecimiento o creación de sectores o clústers de clase mundial).
- **Medidas de fomento y estabilización** (establecimiento de Fondos Especiales, tales como Fondos de Promoción de las Exportaciones de productos específicos).

En base a los servicios descriptos, podemos agrupar a los instrumentos de Promoción Exportaciones analizados de acuerdo a su principal objetivo, a saber:

1. Estímulos a las exportaciones (de carácter aduanero, fiscal, crediticio, etc.).
2. Asistencia técnica y capacitación en materia de comercio exterior.
3. Promoción de Negocios y Acceso a Mercados – apoyo a la participación en Ferias Internacionales, Rondas de Negocios, Misiones Inversas, etc.
4. Apoyo en investigación de mercados y marketing internacional.
5. Sistemas de Información Comercial.
6. Programas sectoriales de Promoción de Exportaciones
7. Apoyo financiero a la exportación.

Siguiendo esta clasificación, hemos consultado las páginas web de los principales organismos relacionados directa o indirectamente con la Promoción de Exportaciones, a fin de plasmar un análisis comparativo de las instituciones, programas e instrumentos de Promoción de

Exportaciones, identificando los principales cambios institucionales y programáticos producidos desde el primer relevamiento realizado en el año 2015 en el marco de la investigación sobre los “*Instrumentos de promoción de las exportaciones para Pymes y su utilización para el aumento y diversificación de las exportaciones en el partido de La Matanza*”. Este relevamiento intenta contemplar los principales programas e instrumentos de Promoción de Exportaciones a nivel nacional sin pretender realizar un listado exhaustivo de los mismos.

En primer lugar y en lo que respecta a los *estímulos a la exportación*, el principal cambio a destacar respecto del relevamiento anterior comprende un cambio institucional, ya que la Subsecretaría de Comercio Exterior, anteriormente bajo la órbita del Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, pasó a formar parte del Ministerio de Producción¹. Con dicho cambio institucional, se traslada la responsabilidad sobre las políticas de estímulo a las exportaciones al Ministerio de Producción, acompañando la reorganización institucional en lo que respecta al área de Comercio, y en particular, de Comercio Exterior. Sin embargo, no se observan cambios programáticos de envergadura en lo que respecta a las facilidades aduaneras, fiscales y crediticias para exportar, tal como podemos observar en la tabla 1.

Tabla 1 *Análisis comparativo de los Instrumentos de Promoción de Exportaciones disponibles (2015-2017)*
Estímulos a las Exportaciones

Estímulos a las exportaciones		
	2015	2017
Institución	Ministerio de Economía y Finanzas Públicas Secretaría de Comercio Subsecretaría de Comercio Exterior	Ministerio de Producción Secretaría de Comercio Subsecretaría de Comercio exterior
Instrumentos de Promoción	Reintegros a la exportación	Reintegros a la exportación
	Régimen de Draw Back	Régimen de Draw Back
	Importación temporaria	Importación temporaria
	Régimen de exportaciones de plantas llave en mano	Régimen de exportaciones de plantas llave en mano
	Régimen Aduana en Factoría	Régimen Aduana en Factoría

Fuente: Elaboración propia

En materia de *asistencia técnica y capacitación*, tal como podemos observar en la tabla número 2, el principal cambio en cuanto a financiamiento destinado a la internacionalización de las Pymes Argentinas, lo observamos en lo que respecta a la finalización del programa 2239/ OC – AR del BID (Banco Interamericano de Desarrollo) el cual financió actividades de asistencia técnica, capacitación, transferencia tecnológica, asociativismo y desarrollo de mercados para Pymes Argentinas con potencial exportador. El Ministerio de Producción, a través de la Subsecretaría de Comercio Exterior, continúa brindando asistencia técnica, aunque el financiamiento ya no se encuentra orientado únicamente a Pymes sino a cualquier empresa con potencial exportador. Asimismo, la asistencia técnica se encuentra orientada a aspectos específicos del proceso de internacionalización, a saber: cumplimiento de estándares de calidad internacionales, desarrollo y/o mejora de la imagen comercial; desarrollo de una estrategia comercial orientada a un negocio de exportación y desarrollo y/o mejora de la presentación del producto enfocada hacia los mercados internacionales. En el marco de este programa, la empresa solicitante deberá contratar al proveedor y, una vez aprobado el trabajo, la Subsecretaría de Comercio Exterior a través del programa PROARGENTINA realizará el pago directo al proveedor contratado.

¹ La Dirección de Promoción de Exportaciones dependía hasta el año 2015 de la Dirección Nacional de Gestión Comercial Externa dependiente de la Subsecretaría de Comercio Exterior del ex Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. A partir del año 2016 dicha Dirección Nacional tomó el nombre de Dirección Nacional de Facilitación del Comercio Exterior que continuó dependiendo de la Subsecretaría de Comercio Exterior, pero bajo la órbita del Ministerio de Producción de la Nación.

Tabla 2 *Análisis comparativo de los Instrumentos de Promoción de Exportaciones disponibles (2015-2017)*
Asistencia técnica y capacitación en materia de comercio exterior.

Asistencia técnica y Capacitación		
	2015	2017
Institución	Ministerio de Economía y Finanzas Públicas Secretaría de Comercio Subsecretaría de Comercio Exterior	Ministerio de Producción Secretaría de Comercio Subsecretaría de Comercio exterior
Instrumentos de Promoción	PROARGENTINA - Programa BID 2239/ OC – AR (Pymes) - Asistencia técnica y capacitación - Alianzas empresariales - Transferencia tecnológica - Desarrollo de mercados	PROARGENTINA - Programa BID 2239/ OC – AR (Pymes) (finalizó el 12/04/2017) - Asistencia técnica y capacitación - Alianzas empresariales - Transferencia tecnológica - Desarrollo de mercados PROARGENTINA - Asistencia Técnica - Normas de calidad - Desarrollo de imagen comercial - Plan de negocios - Packaging

Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta a la *Promoción de Negocios y Acceso a Mercados, apoyo en Investigación de Mercados y Marketing Internacional y Sistemas de Información Comercial*, tal como refleja la tabla número 3, el principal cambio producido desde el último relevamiento fue en materia institucional, en la medida en que la principal agencia encargada de la Promoción de Exportaciones en nuestro país dejó la órbita del Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto para formar parte del Ministerio de Producción, con el fin de integrar las estrategias de fomento productivo, de promoción comercial y atracción de inversiones en una sola agencia bajo la responsabilidad de un único ministerio a nivel nacional. Asimismo, la Fundación Exportar fue renombrada como Agencia Argentina de Inversiones y Comercio Internacional. Finalmente, se observan algunos nuevos servicios que son brindados por la Agencia en materia de Promoción Comercial, tales como los Eventos de Posicionamiento, que conforman eventos no tradicionales de alto impacto que buscan posicionar los bienes y servicios argentinos en el mundo. Sin embargo, en términos de programas e instrumentos disponibles el cambio observado no es significativo.

En cuanto a los *Sistemas de Información Comercial*, se observa una mayor integración con las herramientas estadísticas de Comercio Exterior a nivel global tales como Trade Map y Market Access Map del Centro de Comercio Internacional (ITC), las cuales están disponibles para todas las empresas argentinas. Asimismo, en la página web de la Agencia Argentina de Inversiones y Comercio Internacional se encuentra disponible una Guía para Exportar, un Test de Diagnóstico Exportador y herramientas específicas para Pymes (vinculando el apoyo en materia de Promoción de Exportaciones con otras herramientas de fomento productivo para Pymes). Dentro de la Guía para Exportar, la Agencia presenta un proceso detallado que incluye asesoramiento especializado, capacitaciones gratuitas, información comercial (reportes estadísticos, informes País, e informes sectoriales), información sobre los trámites de exportación, actividades de Promoción comercial, y asesoramiento a la hora de negociar.

En cuanto al *Apoyo en investigación de mercados y Marketing Internacional*, encontramos nuevos servicios tales como los esfuerzos de Posicionamiento Sectorial, en los cuales la Agencia trabaja de manera conjunta con empresas, cámaras y asociaciones, con el fin de crear una estrategia adecuada y definir programas específicos en las áreas de formación, información de mercado, promoción y posicionamiento comercial en cuatro sectores específicos identificados como de gran potencial exportador (Agro y alimentos, Industria, Servicios e innovación e Industrias Creativas y Bienes Culturales). Asimismo, otro de los nuevos servicios es la iniciativa Buenas Prácticas

Exportadoras orientada a mejorar las capacidades exportadoras de las pequeñas y medianas empresas argentinas del sector de Alimentos y Bebidas mediante el desarrollo de competencias en diversas áreas (estrategia, identificación de mercados y segmentación, diseño y adaptación de producto, producción, comunicación, distribución y administración).

Con todo, no observamos un cambio significativo en lo que se refiere al *Apoyo en investigación de mercados y Marketing Internacional*, más allá de la oferta de estadísticas de exportación, informes País y sectoriales y programas específicos para determinados sectores como el de alimentos (Buenas Prácticas Exportadoras).

Por último, es importante destacar la discontinuación del Programa PADEX ((Programa de Aumento y Diversificación de Exportaciones), el cual estaba orientado a diversificar las exportaciones argentinas de bienes y servicios en términos de destinos, orígenes y productos de exportación poniendo énfasis en los productos con mayor valor agregado en origen y con mayor contenido de tecnología local, a la vez que aumentando las exportaciones tradicionales, el número de empresas exportadoras y generando la apertura de nuevos mercados. Este programa, además de la participación en Ferias y Misiones Comerciales, comprendía acciones de promoción permanente y posicionamiento de los productos argentinos, así como la identificación de oportunidades comerciales a través del trabajo de las representaciones comerciales en el exterior. De tal forma, podemos decir que fue reemplazado por las actividades de posicionamiento sectorial, aunque la actual Agencia no lo plantea como un Programa Integral de promoción y diversificación de las exportaciones, que intenta promocionar y financiar aquellos productos, regiones y sectores con mayor potencial exportador para la inserción en los destinos de mayor potencial importador, sino como acciones específicas de Promoción Comercial orientadas a sectores específicos de mayor competitividad para la exportación.

Tabla 3 *Análisis comparativo de los Instrumentos de Promoción de Exportaciones disponibles (2015-2017)*
Promoción de Negocios y Acceso a Mercados. Sistemas de Información Comercial. Apoyo en investigación de mercados y marketing internacional

Promoción de Negocios y Acceso a Mercados Sistemas de Información Comercial Apoyo en investigación de mercados y marketing internacional		
	2015	2017
Institución	Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto Fundación Exportar	Ministerio de Producción Agencia Argentina de Inversiones y Comercio Internacional
Instrumentos de Promoción	Ferias internacionales	Ferias Internacionales
	Rondas de Negocio	Rondas de Negocio
	Misiones Comerciales	Misiones Comerciales
	Agenda de Negocios	Agenda de Negocios
	Inteligencia Comercial	Guía Para Exportar, información estadística y arancelaria, test de diagnóstico exportador
	Capacitación	Capacitación
	Atención a Empresas	Asesoramiento Integral Especializado Apoyo a las Pymes
	Grupo de Exportadores	Grupo de Exportadores
	-	Buenas prácticas exportadoras
	PADEX (Programa de Aumento y Diversificación de Exportaciones)	Posicionamiento sectorial

Fuente: *Elaboración propia*

En lo que respecta a los *Programas Sectoriales de Promoción de Exportaciones*, tal como se observa en la tabla número 4, observamos la finalización del Programa “Proyecto de Promoción de las Exportaciones de Agro alimentos Argentinos” (PROARGEX), el cual estaba orientado a incrementar las ventas al exterior de productos agroalimentarios diferenciados y de alto valor agregado de las pequeñas y medianas empresas (Pymes), procurando la ampliación de los destinos de exportación. Este programa estaba basado en 4 componentes: información de mercado, asistencia técnica a Pymes, promoción de exportaciones - sello de calidad “Alimentos Argentinos; una Elección Natural” y fortalecimiento Institucional; contando con financiamiento del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) y del Banco Interamericano de Desarrollo a través del PROSAP (Programa de Servicios Agrícolas Provinciales).

Este programa fue reemplazado en la actualidad con dos programas específicos para el sector agroindustrial: 1) *Alimentos Argentinos*, que otorga un sello de calidad y un reintegro adicional de exportación (0,5%) para aquellos productos que revistan la condición de orgánicos, o que cuenten con el derecho de uso Sello “Alimentos argentinos, una elección natural”², o con una denominación de origen o una Indicación geográfica, que permiten diferenciar y hacer distinguible la calidad de un producto relacionada con su origen geográfico³ ; y, 2) *Abriendo Mercados*, destinado a aumentar la inserción de los productos argentinos en los mercados mundiales, favoreciendo las economías regionales y las Pymes agroindustriales. Este último programa funciona través de Mesas de trabajo sectoriales que identifican los mercados prioritarios, desarrollando tareas de gestión y estrategias de posicionamiento externo; identificando la información de mercados necesaria; y acompañando, desde la Secretaría de Mercados Agroindustriales, las negociaciones con los mercados exteriores.

Tabla 4 *Análisis comparativo de los Instrumentos de Promoción de Exportaciones disponibles (2015-2017)*
Programas Sectoriales de Promoción de Exportaciones

Programas Sectoriales de Promoción de Exportaciones		
	2015	2017
Institución	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca	Ministerio de Agroindustria
	Subsecretaría de Agroindustria y Mercados	Secretaría de Agregado de Valor Subsecretaría de Alimentos y Bebidas
Instrumentos de Promoción	Proyecto de Promoción de las Exportaciones de Agro alimentos Argentinos (PROARGEX) - Información comercial - Asistencia técnica a Pymes - Promoción de exportaciones y sello de calidad “Alimentos argentinos, una elección natural” - Fortalecimiento institucional	Alimentos argentinos - Sello de calidad productos orgánicos - Sello “Alimentos argentinos, una elección natural” - Reintegro adicional a la exportación
		Secretaría de Mercados Agroindustriales
		Abriendo Mercados - Negociación internacional - Capacitación - Asistencia técnica a Pymes - Promoción comercial - Fortalecimiento institucional

Fuente: Elaboración propia

² Secretaría de Agregado de Valor del Ministerio de Agroindustria: Sistema Nacional de Diferenciación y Agregado de Valor para el Sector Agroalimentario.

³ Secretaría de Agregado de Valor del Ministerio de Agroindustria: Herramientas de diferenciación para productos con Calidad vinculada al Origen.

En cuanto al *Apoyo Financiero a la Exportación* no se observan grandes diferencias en lo que respecta a las líneas de financiamiento ofrecidas por el Banco de la Nación Argentina - pre-financiación y financiación de exportaciones; financiamiento para la participación en ferias, exposiciones y salones internacionales; y financiamiento para la adquisición de capital de trabajo e inversiones para empresas exportadoras - y el Consejo Federal de Inversiones - créditos para la producción regional exportable; financiamiento para la participación en misiones al exterior y misiones inversas -.

Sin embargo, se observan diferencias significativas en lo que respecta a las líneas de crédito ofrecidas por el Banco de Inversión y Comercio Exterior (BICE). Si bien continúan las líneas destinadas a la prefinanciación y post-financiación de exportaciones de bienes y servicios, destaca la creación de una nueva línea de créditos para empresas exportadoras a largo plazo – quienes podrán vender sus productos en el exterior con un plazo máximo de 10 años - a fin de mejorar su competitividad a nivel internacional, y el Programa Impulsa Comex, para Pymes y grandes empresas que quieran comenzar a exportar. Asimismo, el BICE ya no ofrece post-financiación de exportaciones de bienes de capital y contratos de exportación llave en mano como una línea de crédito específica, ni financiación de capital de trabajo de empresas exportadoras, cuya línea de crédito fue creada en el marco del Sistema de Monedas Locales" (SML) para el comercio exterior con Brasil.

Por otro lado, no se observan diferencias respecto del año 2015 en lo que respecta al financiamiento ofrecido por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación (Mincyt) para la industria del software, con el objeto de iniciar o consolidar en la actividad exportadora a las empresas Pymes dedicadas a la producción de software.

Por último, un nuevo instrumento de apoyo financiero a la exportación lo brinda el Ministerio de Producción, a través de la Subsecretaría de Gestión Productiva dependiente de la Secretaría de Industria y Servicios, el cual ayuda a medianas empresas argentinas que exportan e invierten en investigación a mejorar su posición en el mercado internacional y obtener créditos a tasa subsidiada, aportes no reintegrables y asistencia técnica de organismos públicos, universidades y otras instituciones para facilitar y mejorar la internacionalización, a través del Programa de Desarrollo e Internacionalización de Empresas con Alto Potencial de Crecimiento e Innovación (PotenciAR)".

Tabla 5 *Análisis comparativo de los Instrumentos de Promoción de Exportaciones disponibles (2015-2017)*
Apoyo Financiero a la Exportación

Apoyo Financiero a la Exportación		
	2015	2017
Institución	Banco de la Nación Argentina	Banco de la Nación Argentina
Instrumentos de Promoción	Pre-financiación de exportaciones	Pre-financiación de exportaciones
	Financiación de exportaciones	Financiación de exportaciones
	Financiación de exportaciones de bienes de capitales y contratos de exportación llave en mano	Financiación de exportaciones de bienes de capitales y contratos de exportación llave en mano
	Financiación para la participación en ferias y exposiciones internacionales	Financiación para la participación en ferias y exposiciones internacionales
	Financiación de empresas exportadoras	Financiación de empresas exportadoras
Institución	Consejo Federal de Inversiones	Consejo Federal de Inversiones
Instrumentos de Promoción	Créditos para la producción regional exportable	Créditos para la producción regional exportable
	Misiones al exterior	Misiones al exterior
	Misiones inversas	Misiones inversas

Institución	Banco de Inversión y Comercio Exterior	Banco de Inversión y Comercio Exterior
Instrumentos de Promoción	Pre-financiación de exportaciones	Pre-financiación de exportaciones
	Post-financiación de exportaciones	Post-financiación de exportaciones
	Post-financiación de exportaciones de bienes de capital y contratos de exportación llave en mano	-
	Financiación de capital de trabajo de empresas exportadoras - Sistema de Monedas Locales" (SML) para el comercio exterior con Brasil	-
	-	Financiación a empresas exportadoras a largo plazo
	-	Impulsa COMEX
Institución	Ministerio de Ciencia, Tecnología e innovación productiva de la Nación	Ministerio de Ciencia, Tecnología e innovación productiva de la Nación
Instrumentos de Promoción	Créditos Exporta, del Fondo Fiduciario de Promoción de la Industria del Software (FONSOFT).	Créditos Exporta, del Fondo Fiduciario de Promoción de la Industria del Software (FONSOFT).
Institución	Ministerio de Industria Secretaría de la Pequeña y Mediana Empresa y Desarrollo Regional (Sepyme)	Ministerio de Producción Secretaría de Industria y Servicios Subsecretaría de Gestión Productiva
Instrumentos de Promoción	-	Programa de Desarrollo e Internacionalización de Empresas con Alto Potencial de Crecimiento e Innovación (PotenciAR)"

Fuente: Elaboración propia

3. Conclusiones

A través del presente trabajo hemos destacado la primordial importancia de las herramientas de Promoción de Exportaciones, en especial para las Pymes argentinas que están iniciando su proceso de internacionalización. Sin embargo, al inicio de nuestra investigación en el año 2015 y al analizar una muestra de empresas exportadoras del partido de La Matanza concluimos que, pese a la importancia de estos instrumentos para lograr una efectiva inserción en los mercados internacionales, la mayor parte de las empresas de la muestra los desconocía y afirmaba no haberlos utilizado para vencer los obstáculos más comunes encontrados a la hora de exportar. [4]

En este sentido, las principales dificultades enfrentadas durante el proceso de internacionalización por parte de las Pymes exportadoras de La Matanza – algunas de ellas específicas de la situación coyuntural del año 2015 - estaban relacionadas con la falta de financiamiento, las restricciones a la disponibilidad de divisas, el desconocimiento del proceso de exportación, la falta de disponibilidad de insumos, la falta de recursos humanos calificados para el comercio exterior y la estructura de costos en el mercado interno. Estos obstáculos se traducían en una serie de necesidades primordiales de apoyo en materia de Comercio Exterior y Promoción Comercial, a saber, capacitación, financiamiento y apoyo en investigación de mercados y marketing internacional. [4]

Con todo, la principal dificultad hallada tras el relevamiento en el año 2015, no parecía ser la falta de adaptación entre la oferta de programas e instrumentos de Promoción de Exportaciones y las demandas de apoyo de las Pymes exportadoras, sino la falta de conocimiento y utilización de los instrumentos disponibles para facilitar el proceso de internacionalización de las empresas. No obstante, observamos desde el último relevamiento, varios cambios institucionales y programáticos referentes a la Promoción Comercial por parte del Gobierno Argentino, a fin de intentar responder más eficientemente a las necesidades de apoyo en materia de Comercio Exterior, a la vez que promover el conocimiento y utilización de los instrumentos de Promoción de Exportaciones.

En este sentido, el principal cambio institucional en materia de Promoción de Exportaciones comprende el traspaso de la responsabilidad de la administración de las herramientas de *estímulos a la exportación* y la gestión de los *instrumentos de Promoción Comercial* al Ministerio de Producción, a través de la Subsecretaría de Comercio exterior dependiente de la Secretaría de Comercio, y la *Agencia Argentina de Comercio e Inversiones*, organismo descentralizado del Ministerio de Producción.

Por otro lado, en lo que respecta a los cambios programáticos – programas e instrumentos de Promoción de Exportaciones - si bien las diferencias observadas no parecen ser radicales respecto de lo relevado en 2015, es posible mencionar una serie de cambios específicos que potencialmente podrían impactar en la adecuación de los nuevos instrumentos a las demandas de las Pymes en materia de apoyo a la internacionalización y Promoción de las Exportaciones.

En primer lugar, en cuanto a la *asistencia técnica y capacitación*, observamos un cambio de enfoque no sólo en lo que respecta a los beneficiarios del programa PROARGENTINA - ya no se encuentra orientado únicamente a Pymes sino a cualquier empresa con potencial exportador – sino también en lo que respecta a las áreas de asistencia técnica susceptibles de ser financiadas, las cuales se encuentran ahora enfocadas en aspectos más específicos del proceso de internacionalización - cumplimiento de estándares de calidad internacionales, desarrollo y/o mejora de la imagen comercial; desarrollo de una estrategia comercial orientada a un negocio de exportación y desarrollo y/o mejora de la presentación del producto enfocada hacia los mercados internacionales -.

En cuanto a los *Sistemas de Información Comercial* hallamos que la actual Agencia de Promoción Comercial fomenta el uso de las fuentes de información estadística de Comercio Internacional disponibles de forma gratuita a nivel mundial a fin de mejorar la oferta de información necesaria para exportar. Asimismo, se ofrecen servicios específicos tales como una Guía para Exportar y un Test de Diagnóstico Exportador disponible on line, integrando de esta manera las iniciativas en materia de *Sistemas de Información Comercial* con las de *Promoción de Negocios y Acceso a Mercados*.

En cuanto al *Apoyo en investigación de mercados y Marketing Internacional*, encontramos nuevos servicios tales como los esfuerzos de posicionamiento sectorial con estrategias específicas para cada sector identificado como de gran potencial exportador (Agro y alimentos, Industria, Servicios

e innovación e Industrias Creativas y Bienes Culturales); así como también la iniciativa Buenas Prácticas Exportadoras para el sector de Alimentos y Bebidas. Asimismo, tal como fue mencionado, el Programa PROARGENTINA financia asistencia técnica en temas relacionados con la imagen comercial y el marketing internacional de exportación.

Por último, cabe destacar la discontinuación del Programa PADEX ((Programa de Aumento y Diversificación de Exportaciones), el cual fue parcialmente reemplazado por las actividades de posicionamiento sectorial y los eventos de posicionamiento, aunque la actual Agencia no lo plantea como un Programa Integral de promoción y diversificación de las exportaciones, sino como acciones específicas de Promoción Comercial orientadas a sectores específicos de mayor competitividad para la exportación

En lo que respecta a los *Programas Sectoriales de Promoción de Exportaciones*, observamos el reemplazo del Programa “Proyecto de Promoción de las Exportaciones de Agro alimentos Argentinos” (PROARGEX), por dos programas específicos para el sector agroindustrial: Alimentos Argentinos y Abriendo Mercados, destinados a fomentar el uso del sello de calidad de los alimentos argentinos y aumentar la inserción de los productos agroindustriales argentinos en los mercados mundiales.

En cuanto al *Apoyo Financiero a la Exportación*, se observan diferencias significativas en lo que respecta a las líneas de crédito ofrecidas por el BICE (Banco de Inversión y Comercio Exterior), quien ofrece actualmente una nueva línea de créditos para empresas exportadoras a largo plazo y la línea de crédito Impulsa Comex para quienes quieran comenzar a exportar.

Otro de los nuevos programas a destacar en este ámbito comprende el Programa de Desarrollo e Internacionalización de Empresas con Alto Potencial de Crecimiento e Innovación (PotenciAR)” del Ministerio de Producción, a través de la Subsecretaría de Gestión Productiva dependiente de la Secretaría de Industria y Servicios, destinado a facilitar y mejorar la internacionalización de medianas empresas argentinas que exportan.

En suma, los cambios programáticos mencionados podrían agruparse en dos principales cambios: 1) en lo que respecta a la Promoción Comercial en general, se observan acciones enfocadas hacia todas las empresas con potencial exportador en lugar de diseñar herramientas específicas para las Pymes; 2) en lo que respecta al Apoyo Financiero a la Exportación se observa la generación de líneas de crédito específicas para empresas que recién comienzan su camino a la internacionalización, que en la mayoría de los casos suelen ser Pymes.

Estos dos grandes cambios en cuando a los instrumentos disponibles parecerían estar orientados a resolver los principales obstáculos identificados como parte de nuestra investigación iniciada en 2015 para las Pymes a la hora de exportar, a saber la falta de financiamiento – con líneas específicas para quienes se están iniciando en la exportación – ; el desconocimiento del proceso de exportación y la falta de recursos humanos calificados para el comercio exterior – con programas e instrumentos específicos con el objeto de mejorar la información disponible en materia de Comercio exterior -*Sistemas de Información Comercial* – y asesoría técnica y capacitación brindados como parte de los programas e instrumentos de las diferentes instituciones involucradas en Promoción Comercial.

Asimismo, los cambios mencionados se encuentran en línea con las principales demandas relevadas en materia de Comercio Exterior. Aunque en este último punto creemos que más allá de los esfuerzos de posicionamiento sectorial aún queda un largo camino a ser recorrido a la hora de dar respuesta a las demandas de apoyo en lo que se refiere a la investigación de mercados y marketing Internacional, ya que se presenta como un problema primordial para las Pymes que no cuentan con recursos ni experiencia para llevar a cabo estas actividades. Por tal motivo, más allá de las líneas de financiamiento orientadas a las empresas que se inician en la exportación y los programas específicos para financiar esfuerzos relacionados con la imagen comercial y el marketing internacional de exportación, consideramos que aún queda espacio para mejorar la oferta en materia de asesoría técnica y capacitación para la identificación de mercados y la definición de estrategias de marketing internacional orientadas al mercado externo.

Por último, si bien se observa actualmente un gran esfuerzo de difusión de los programas e instrumentos de Promoción de Exportaciones disponibles a través de las páginas web de los organismos involucrados y las diferentes redes sociales que los mismos utilizan para difundir su oferta, el reconocimiento y la escasa utilización de dichos instrumentos de promoción es una problemática que aún merece atención por parte de los hacedores de políticas públicas en la materia y las instituciones involucradas en Promoción Comercial.

4. REFERENCIAS.

- [1] Serra, Diego; Rodríguez, Soledad; Novellino, Hilda; Boychenko, Darina; Pennella, Carla e Incauragarat, Nadia. Caracterización del perfil exportador de las pymes industriales del partido de La Matanza. VIIIº Congreso Argentino de Ingeniería Industrial - COINI 2015 ISBN978-987-1896-50. Disponible en http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini_2015/trabajos/B020_COINI2015.pdf.
- [2] Hibbert, E. (1990). The Management of International Trade Promotion. London: Routledge.
- [3] Calderón García, H. y Fayos Gardó, T. (2002). La medición de los resultados de la promoción de las exportaciones: dificultad y necesidad. Boletín Económico de ICE (Información Comercial Española). N° 2746.
- [4] Serra, Diego; Rodríguez, Soledad; Novellino, Hilda; Boychenko, Darina; Pennella, Carla e Incauragarat, Nadia. Instrumentos de promoción de exportaciones y su adaptación a las necesidades de las Pymes exportadoras de La Matanza. IXº Congreso Argentino de Ingeniería Industrial. Disponible en http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini_2016/trabajos/D001_COINI2016.pdf

“ESTUDIO DE MERCADO DE CEBOLLA DESHIDRATADA”

Román, Celia ^{1,3}, Riveros, Mathias A. ¹, Monserrat, Martina ¹, Echegaray, Marcelo ¹, Palacios, Carlos¹, Rodriguez, Rosa A.¹.

¹*Instituto de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan*
³CONICET.

CPA: J5400ARL - San Juan - Argentina. mcroman@unsj.edu.ar.

RESUMEN

En la actualidad, Argentina ocupa un lugar destacado en la producción de cebolla, destinándose la mayor parte al mercado interno; pero también exporta a Brasil, Paraguay y Uruguay, debido a sus cualidades y alta calidad. Se puede consumir en fresco, en conserva y deshidratada. Esta última, es un proceso cuyo fin es otorgar valor agregado al producto agrícola, disminuir la actividad del agua (aw) para mejorar la resistencia del producto a las degradaciones biológicas, mejorar la calidad del producto y disminuir los costos de almacenamiento y transporte. La cebolla deshidratada es empleada en la producción de condimentos, caldos, sopas, hamburguesas, sales especiadas, embutidos, entre otras industrias alimenticias y también destinada al consumo final. El objetivo del trabajo fue realizar el estudio de mercado de cebolla deshidratada en la Argentina y comparar con la situación de posibles países compradores del producto, es decir, hacer un análisis de demanda, oferta y costos de la materia prima adecuada para esta industria para la instalación de una planta destinada al deshidratado de cebolla en la provincia de San Juan. Argentina importa un total aproximado de 300 t anuales de cebolla deshidratada. Las empresas compradoras pertenecen al rubro de especias y condimentos, así como también las grandes cadenas de comida rápida instaladas en el país. Para estimar el costo de la materia prima se hizo un análisis de cuánto cuesta cada una de las actividades a desarrollar para la producción de la variedad elegida y los insumos a emplear. En conclusión, los potenciales compradores de nuestro producto serían industrias alimenticias nacionales y de Brasil. La mayor competencia son los países exportadores del producto (India, China, Egipto, Estados Unidos y los países europeos productores) y en el país UNILEVER DE ARGENTINA S.A.

Palabras Claves: Cebolla, Deshidratación, Estudio de Mercado, Producción.

ABSTRACT

Nowadays, Argentina is well positioned in the onion's production, most of the yield is destined to the internal market; but the product is exported to Brazil, Paraguay and Uruguay too, due to its high quality. The onion can be consumed in fresh, canned and dried. The last one, is a process whose purpose is to grant value added to the agricultural product, reduce the water activity (aw) to improve the products quality and decrease the storage and transport cost. The dried onion is used in the condiments elaboration, broths, soups, hamburgers, spicy salt, sausages, among other food industries and also destined to final consumer. The objective of this work was do the market study of dried onion in Argentina and compare with the situation of potential buyer countries of the product, that is to say, analyze the demand, offer and costs of the suitable raw material for the installation of an industry destined to dried onion in San Juan. Argentina import 300 t yearly of dried onion approximately. The buyer companies belong to spices and condiments business, so too the big fast food chains installed in the country. To estimate the raw material cost we analyzed the price of each one of the activities to develop the production of the chosen variety and the supplies needed. In conclusion, the potential buyers of our product would be food national industries and industries from Brazil. The biggest competition are the countries that export the product (India, China, Egypt, The United States of America and the European producers) and UNILEVER DE ARGENTINA S.A. in the country.

1. INTRODUCCIÓN

La cebolla, perteneciente al género *Allium*, es una hortaliza muy consumida en el mundo, ya que se emplea en gran variedad de preparaciones culinarias. Al mismo tiempo, la cebolla es considerada un alimento funcional porque contiene sustancias que le otorgan propiedades saludables, y han sido consumidas para contribuir a la reducción de los riesgos de diversas enfermedades. La calidad y composición nutricional de la cebolla es compleja y depende de la variedad, las características agroecológicas, del tiempo de recolección, así como de las condiciones de almacenamiento. Las características que definen su calidad son el color, la forma, el tamaño, el contenido de sólidos solubles y la pungencia. Además, de las propiedades nutricionales y antioxidantes que se le atribuyen. La cebolla posee aproximadamente un 85% de agua, es baja en calorías y aporta al consumirla importantes cantidades de calcio, fósforo, potasio, vitamina C y B6. El color del bulbo (blanco, amarillo o rojo) es un rasgo prominente en las cebollas, debido a que está relacionado con el contenido de compuestos fenólicos y flavonoides, y por consiguiente a su capacidad antioxidante. En la actualidad, Argentina ocupa un lugar destacado en la producción de cebolla, destinándose la mayor parte al mercado interno; pero también exporta a Brasil, Paraguay y Uruguay, debido a sus cualidades y alta calidad. Se puede consumir en fresco, en conserva y deshidratada. En lo que respecta a esta última, Argentina es el principal productor y exportador de América latina. La deshidratación es un proceso cuyo fin es otorgar valor agregado a productos agrícolas, disminuir la actividad del agua (aw) para mejorar la resistencia del producto a las degradaciones biológicas, mejorar la calidad del producto y disminuir los costos de almacenamiento y transporte. La cebolla deshidratada es empleada en la producción de condimentos, caldos, sopas, hamburguesas, sales especiadas, embutidos, entre otras industrias alimenticias y también destinada al consumo final. El objetivo del trabajo fue realizar un estudio de mercado de cebolla deshidratada en la Argentina, teniendo en cuenta la situación de San Juan, las provincias argentinas productoras, y comparar con la situación de posibles países compradores del producto, es decir, hacer un análisis de demanda, oferta y costos de la materia prima adecuado para esta industria.

2. ESTUDIO DE MERCADO

Un estudio de mercado es el conjunto de acciones sistemáticas que se ejecutan para saber la respuesta del mercado ante un producto o servicio. Se analiza la oferta y la demanda, así como los precios y los canales de distribución. El objetivo de todo estudio de mercado es tener una visión clara de las características del producto o servicio que se quiere introducir en el mercado, y un conocimiento exhaustivo de los interlocutores del sector. Con un buen estudio de mercado debería quedar clara la distribución geográfica y temporal del mercado de demanda. El objetivo de los estudios de este tipo es hacer un diagnóstico de la situación competitiva de un mercado determinado utilizando información de público acceso.

2.1. Análisis de la Demanda y Oferta

Respecto a la demanda, Argentina importa un total aproximado de 300 t anuales de cebolla deshidratada, siendo los principales países importadores India, Estados Unidos, España, China, Egipto y Singapur. Las empresas compradoras pertenecen al rubro de especias y condimentos, así como también las grandes cadenas de comida rápida instaladas en el país. El precio del producto varía de acuerdo al país del cual proviene, considerando un precio promedio los mismos son: 1,718 USD/kg (India); 3,974 USD/kg (Estados Unidos); 2,247 USD/kg (China); 3,016 USD/kg (Egipto); 2,852 USD/kg (España). En la figura 1 se pueden observar los precios internacionales del producto de interés [1].

Además del consumo nacional del producto, Argentina produce y exporta aproximadamente 70 t de cebolla deshidratada al año. El producto se comercializa principalmente a los países limítrofes, liderando las exportaciones a Brasil que, durante el 2016, importó un total aproximado de 5100 t cuya procedencia y porcentaje del total importado fue India (59%), China (24%), Egipto (10%), Estados Unidos (4%), Argentina (2%) y el resto de otros países. La figura 2 muestra las importaciones del país vecino [2].

Con respecto a la oferta, es decir, la actual producción de cebolla deshidratada, en la provincia de San Juan no existen industrias productoras. A nivel nacional, la principal competencia es UNILEVER DE ARGENTINA S.A., quien en los últimos 4 años exportó a Brasil 250 t del producto. A nivel internacional, la producción de cebolla deshidratada es liderada por India, China, Egipto, Estados Unidos y algunos países de Europa [3].

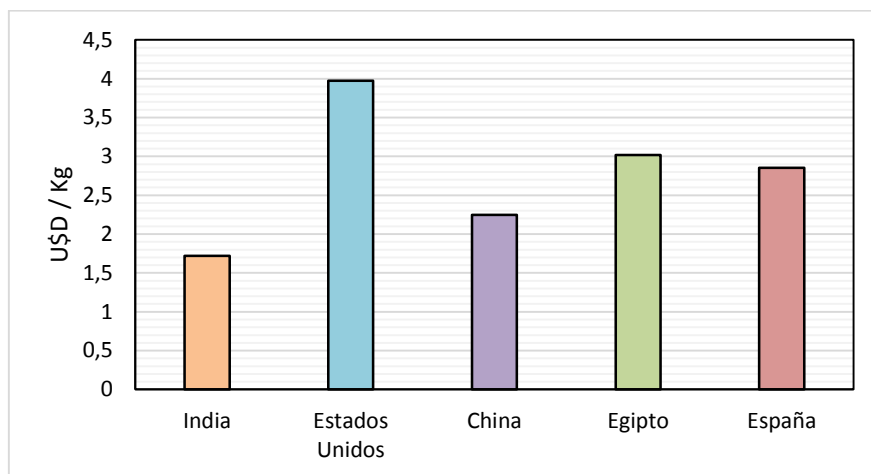


Figura 1 Precios internacionales de cebolla deshidratada.

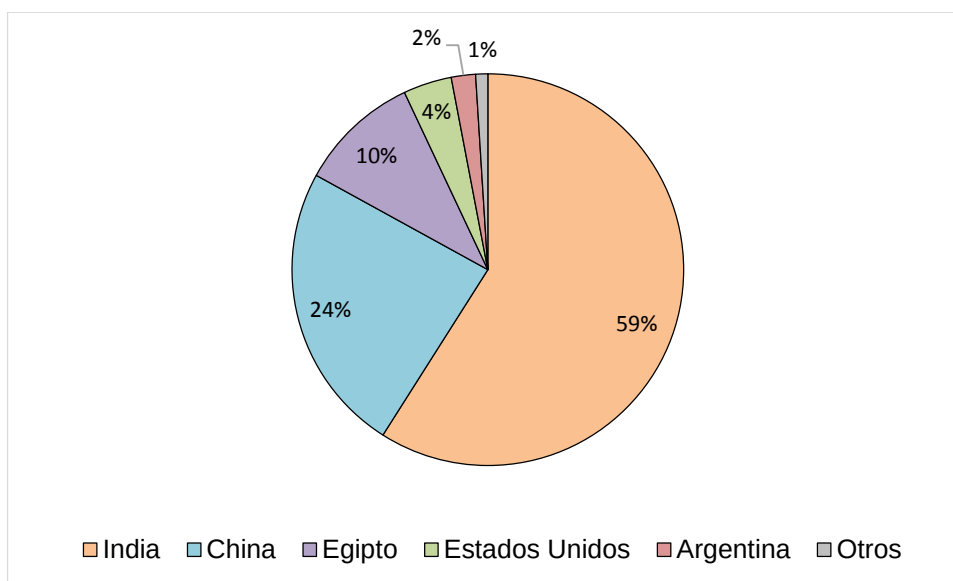


Figura 2 Importaciones de Brasil de cebolla deshidratada.

2.2. Materia Prima

Las variedades aptas para deshidratación son las que contienen un alto contenido de sólidos entre ellas se destacan RefINTA20 que posee 22 %de sólidos, Alfredo INTA con un 20 %y Ancasti INTA con un 16% de sólidos. El principal problema que se presenta es la disponibilidad de las semillas de tales variedades. La única que es de libre comercialización es Ancasti INTA, de la cual a partir de 1000 kg de cebolla fresca se obtendría aproximadamente 160 kg de producto deshidratado sin considerar posibles pérdidas del proceso y unidades de cebolla fresca defectuosas. Por último, se debe destacar que el rendimiento de esta variedad es de 28 t/ha. En la figura 3 se puede observar el contenido de sólidos de las variedades aptas para obtener cebolla deshidratada y las variedades más cultivadas en nuestra provincia [4].

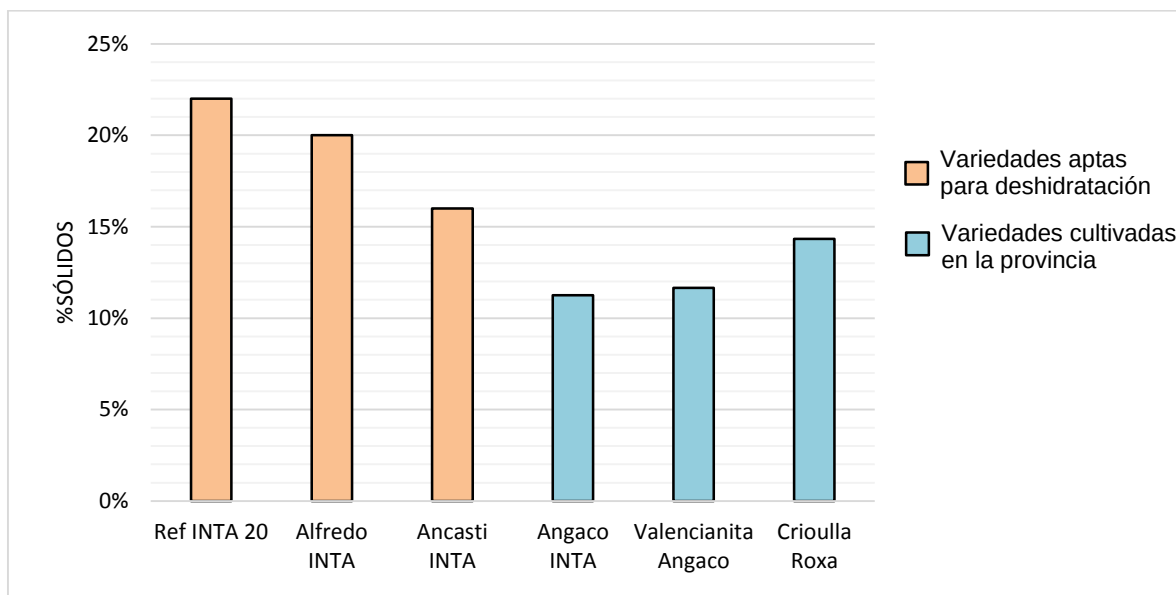


Figura 3 Contenido de sólidos de diferentes variedades de cebolla existentes en la provincia y variedades aptas para la industria de deshidratación.

2.3. Costos de la Materia Prima

Para conseguir un costo de la materia prima se hizo un análisis de costo de cada una de las actividades a desarrollar para la producción de la variedad elegida y los insumos a emplear [5]. Entre las actividades se destacan el arado, rastreado, surcado, riego, tratamientos fitosanitarios y cosecha; y los insumos requeridos son semillas, tractores, fertilizantes, insecticidas y estimulantes. Los costos de las actividades y de los insumos a emplear figuran en la Tabla 1 y la Tabla 2 respectivamente. Las Figuras 4 y 5 muestran los porcentajes en costos como función de cada una de las actividades de cultivo y en función de los insumos, respectivamente.

Tabla 1 Costo de actividades para el cultivo de Ancasti INTA

Actividad	USD/ha
Siembra	7,34
Fertilizar	101,62
Arar, Rastrear, Surcar, Aplicar estiércol	910,66
Tratamientos fitosanitarios	61,2
Riego	466,34
Cosecha	11,94
TOTAL	1559,1

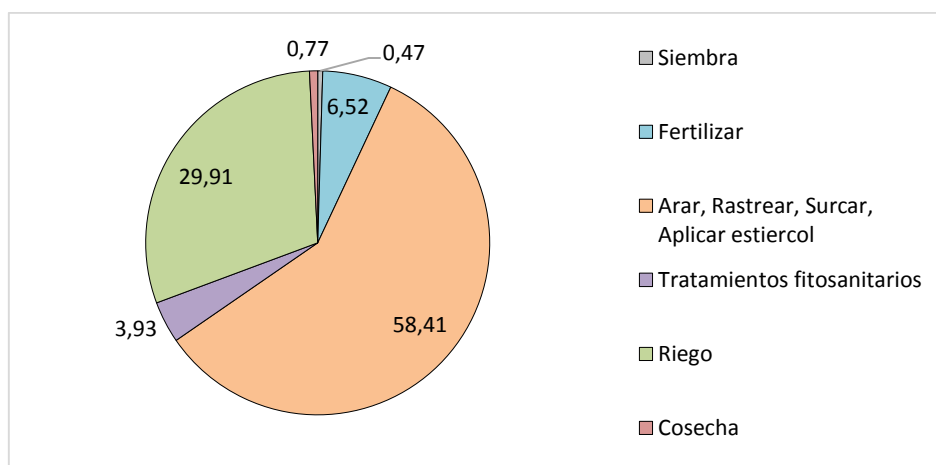


Figura 4 Porcentaje en función de los costos de actividades.

Tabla 2 Costo de insumos para el cultivo de Ancasti INTA

Insumo	USD/ha
Semillas	60
Fertilizantes	425,02
Tractores e implementos	274,4
Guano de gallina	168,75
Herbicidas	43,518
Fungicidas	68,672
Insecticidas	1,125
Tensioactivos	6
TOTAL	1047,485

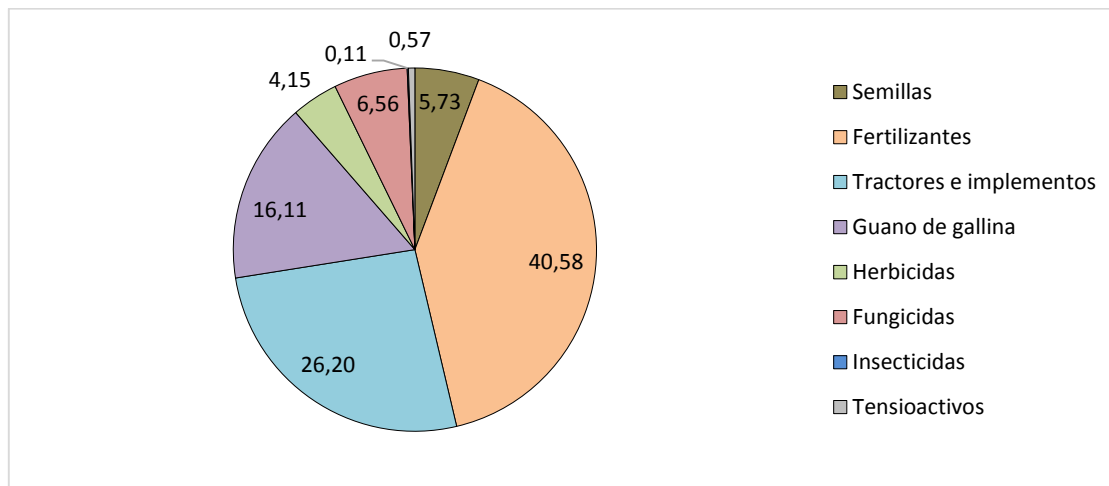


Figura 5 Porcentaje en función de los costos de insumos.

Analizando los gastos requeridos para cada una de las actividades, el precio de los insumos y el rendimiento de la variedad Ancasti INTA por hectárea cultivada, y sin considerar el costo representados por el pago al productor y el transporte a la planta de producción, el precio de la materia prima es de 0,093 USD/kg.

2.4. Zona de Producción

San Juan tiene una superficie total de 89651 km², siendo el territorio poco apto para el cultivo. Sin embargo, los avances tecnológicos y las obras de riego han permitido que el 3 % del terreno sea cultivable. Según el último relevamiento realizado por el Departamento de Hidráulica, la provincia dispone de 104707 ha. cultivadas, siendo el primer cultivo la vid, segundo el olivo y en tercer lugar hortalizas, entre las que se destaca el ajo (3000 ha.), cebolla (2500 ha.) y el tomate (1300 ha.); la superficie cultivadas de hortalizas varían año a año, dependiendo de la demanda de los productos y los departamentos que lideran la producción de cebolla son Jáchal y Pocito, seguidos por 25 de Mayo y Rawson. Para cultivar la variedad requerida para el proceso de deshidratación se ha de realizar contratos con los productores [6] [7].

2.5. Comercialización

El canal de distribución más común al exportar cebolla deshidratada a Brasil consiste en la venta del producto a un importador, que luego se encarga de distribuirlo dentro del país a empresas alimentarias que lo utilicen como insumo, por ejemplo, para sazonar los alimentos producidos o para elaborar otros sazonadores a partir de la cebolla en polvo. Otro canal de distribución posible es el de la venta directa a los consumidores, en el cual la fuerza de ventas deberá estar enfocada en conseguir empresas industriales que puedan ser consumidoras del presente producto. Después del análisis, se ha definido que la política de distribución estará orientada a agentes importadores de alimentos utilizados por la industria como ingredientes ya que ellos tienen una mayor capacidad para distribuir el producto en su país y tienen las relaciones establecidas con las empresas consumidoras.

2.6. Resultados y Discusiones

El componente de los costos que afecta de mayor manera a la rentabilidad del proyecto es el costo de la cebolla debido a que se requiere una gran cantidad de materia prima para obtener una pequeña

cantidad de producto final a consecuencia de la deshidratación, por lo que una pequeña variación de los precios podría traer graves consecuencias. Por ello, es recomendable que el proyecto se extienda a evaluar la producción propia de la cebolla, de modo que se consigan costos más bajos de materia prima y al mismo tiempo no se dependa de la variación de los precios.

Del análisis de mercado realizado resulta que los potenciales compradores de nuestro producto serían industrias alimenticias nacionales y Brasil que es un potencial comprador de este producto ya que no producen el mismo. La variedad a cultivar sería Ancasti INTA ya que es de libre comercialización y la que posee el mayor contenido de sólidos. El precio de la materia prima sería aproximadamente de 0,093 USD por kg de cebolla fresca. La mayor competencia son los países exportadores del producto (India, China, Egipto, Estados Unidos y los países europeos productores) y en el país UNILEVER DE ARGENTINA S.A.

3. CONCLUSIONES

- Argentina importa un total aproximado de 300 t anuales de cebolla deshidratada desde India, Estados Unidos, España, China, Egipto y Singapur. El precio del producto varía de acuerdo al país del cual proviene entre los 1,7USD/kg y 4 USD/kg aproximadamente.
- El país produce y exporta aproximadamente 70 t de cebolla deshidratada anualmente.
- A nivel nacional la competencia estaría liderada por UNILVER DE ARGENTINA S.A.
- En la provincia de San Juan no hay industrias productoras del deshidratado.
- La variedad recomendada para el proceso de deshidratación es Ancasti INTA, por ser una variedad con un contenido de sólido adecuado y cuya semilla es de libre comercialización.
- La provincia de San Juan es una zona potencial, por contar con productores que podrían cultivar la materia prima para el deshidratado. Los departamentos más aptos para la producción de la materia prima son Jáchal, Pocito, 25 de Mayo y Rawson.
- El costo aproximado para la producción de dicha variedad es de 0,093 USD/kg de cebolla fresca.
- Brasil, durante el año 2016, consumió aproximadamente 5100 t de cebolla deshidratada, importando el producto principalmente desde India, China y Egipto. Si se consigue un producto con una calidad superior y un precio inferior al de las importaciones, podría ganarse el mercado y tomar importancia entre los países que importan cebolla deshidratada al país vecino.

4. REFERENCIAS

- [1] Narain, V. (2012). Onion Crop Report. Recuperado de: <http://www.astaspice.org/files/public/VNOnionCropReportFINAL.pdf>
- [2] Piola, M., Bellacomo. M. C. (2016). Cebolla: infaltable y exportable. Recuperado de: <http://inta.gob.ar/noticias/cebolla-infaltable-y-exportable>
- [3] Análisis e Investigación de Mercados, Centro de Comercio Internacional (ITC). (2017). Recuperado de: <http://www.trademap.org/Index.aspx>
- [4] Adriana, Van Konijnenburg. (2012). Cebolla, Horticultura. INTA. Artículo de divulgación. Recuperado de: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-fyd59_cebolla.pdf
- [5] Gerardo R., Sala. (2012). Cultivo de cebolla. Recuperado de: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_apunte_cebolla_2010.pdf
- [6] Paz, M., Menna Z., Meissl A., Asenjo M. (2003) Relevamiento de áreas bajo riego presurizado en la provincia de San Juan y confección de un SIG. Instituto de Investigaciones Hidráulicas – Universidad Nacional de San Juan. Recuperado de: <http://www.observatoriova.com/wp-content/uploads/2013/10/Paz-areas-bajo-riego-rpesurizado-en-san-juan.pdf>
- [7] Departamento de Hidráulica de la Provincia de San Juan. (2007). Relevamiento Agrícola en la Provincia de San Juan Ciclo 2006 – 2007

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a:

- ▶ **Consejo Federal de Inversión (CFI)** – Ing. Gabino Suárez.
- ▶ **INTA Mendoza** – Ing. Claudio Galmarini.
- ▶ **INTA San Juan** – Ing. Aldo López (costos operativos de la producción de cebolla)

- ▶ **Dirección de Comercio Exterior, Área Asistencia Técnica y Promoción Comercial** – Javier Oche.
- ▶ **Secretaría de Agricultura** – Ing. Leopoldo Márquez.
- ▶ **Instituto de Investigación y Desarrollo Hortícola** – Ing. Alejandro Montoro.
- ▶ **Dirección Nacional de Frutas y Hortalizas** – Ing. Raúl A. Nicolisi.
- ▶ **Skuky S.A.** – Lic. Rael.
- ▶ Sr. Martín Santos.

Costeo basado en actividades en producción de pulpa de papel mezcla de Kraft y reciclado

Rodríguez, Ma. Analía⁽¹⁾; Martínez, Candela Lucía*; Mues, Federico; Rodríguez, Ma. Elvira; Tucci, Victor

*Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Santa Fe
Lavaise 610 (3000), Santa Fe, Argentina*

*r_analia@santafe-conicet.gov.ar
cande.martinez2@gmail.com
fedemues@gmail.com
mrodriguez@frsf.utn.edu.ar
ingvtucci@gmail.com*

*(1) IPQA (CONICET-UNC), Córdoba, 5000, Velez Sarsfield 1611
r_analia@santafe-conicet.gov.ar*

RESUMEN

La demanda de productos celulósicos de fibras recicladas se encuentra en permanente crecimiento por ser productos más amigables con el ambiente. La elaboración de este tipo de pulpas permite la preservación de los recursos forestales, reduce la contaminación, ahorra materias primas y requiere menos insumos, disminuyendo el consumo de energía y agua. Además, en estudios económicos se concluye que el reciclaje de papel es una opción económica en comparación con el proceso a partir de la madera. Sin embargo, las pulpas de papel reciclado deben mezclarse con pulpa virgen para obtener papeles de resistencias y calidades apropiadas.

En Argentina, la baja escala productiva de estas industrias afecta a los costos de producción y reduce sus posibilidades de inserción internacional.

Por lo antes mencionado, esta temática de investigación merece atención a fin de que el sector papero cuente con información confiable con el fin de mejorar la toma de decisiones y fomentar su potencial desarrollo.

Se propone estudiar los costos de producción de pulpa de papel a partir de la mezcla de dos tipos: pasta química Kraft y pulpa a partir del reciclado de papel, definiendo diferentes proporciones de las mismas. La metodología a utilizar es un costeo completo estándar basado en actividades.

Como principales resultados se pretende alcanzar los costos mensuales de las actividades, el costo de una tonelada de producto final (pulpa mix), ingresos por ventas, beneficios absolutos y relativos, evaluando cómo impacta en éstos las distintas proporciones de la mezcla definidas.

Palabras claves: Costeo basado en Actividades, Pulpa Kraft, Pulpa Papel Reciclado

ABSTRACT

The demand of cellulose products based on recycled fibers is in permanent growth because they are environment-friendly products. The production of this type of pulps allows the forest resources preservation, reduces the pollution, saves raw materials and needs fewer inputs, reducing the energy and water consumption. In addition, economical studies conclude that the recycled paper pulp option is more economical than the wood based processes. However, recycled paper pulps must be mixed with virgin pulp in order to obtain papers with appropriate resistances and qualities. In Argentina, the low productive scale of these industries affects the production costs and reduces their international insertion possibilities.

For these reasons, this research topic deserves attention so that paper sector is provided with reliable information in order to improve decisions making process and to promote its potential development.

A pulp production costs study is proposed in this article, based on a mixture of two types of pulps: Kraft chemical pulp and recycled paper pulp, with different proportions of each one. A standard activity based costing methodology is used. The main results expected are: monthly activities costs, product unit cost, incomes, absolute and relative benefits, evaluating how the different mixture proportions affect these results.

Keywords: Activity Based Costing, Kraft Pulp, Recycled Paper Pulp

1. INTRODUCCIÓN

La demanda de productos celulósicos de fibras recicladas está en permanente crecimiento, por ser productos más amigables con el ambiente [1]. Como ventaja de utilizar pulpas de papel reciclado es posible lograr la preservación de los recursos forestales y se disminuye la contaminación por la reducción en el uso de sustancias químicas [2]. Además, lo destacable del papel reciclado a comparación de las pulpas vírgenes, es que se ahorran materias primas y se requieren pocos insumos para producirlo, disminuye el consumo de energía y agua, no solo beneficia al medio ambiente sino que genera empleos verdes, siendo esto una buena opción para la economía de un país [3-4].

Sin embargo, existe la desventaja que el papel de desecho puede reciclarse 5 o 6 veces pero en cada reciclo pierde del 15 al 20% de las fibras largas y es por esto que las fibras recicladas deben mezclarse con pulpa virgen para obtener papeles de resistencias y calidades apropiadas [5].

En estudios económicos se concluye que el reciclaje de papel es una opción económica en comparación con el proceso a partir de la madera [6].

En Argentina, la baja escala productiva de estas industrias afecta los costos de producción y reduce sus posibilidades de inserción internacional, ya que deben competir con empresas de mayor porte, de menores costos y precios [7].

El grupo de trabajo ha determinado los costos productivos de la obtención de pulpa de papel mecánica, química Kraft y a partir de papel reciclado, cada una separadamente [8-9].

Esta temática de investigación merece atención a fin de que el sector papelerero cuente con información confiable en pos de favorecer la toma de decisiones y fomentar su potencial desarrollo.

Por todo lo dicho anteriormente, y en base a los trabajos previos realizados, se propone estudiar los costos de producción de pulpa de papel a partir de la mezcla de dos tipos: pasta química Kraft y pulpa a partir del reciclado de papel, definiendo diferentes proporciones de las mismas. Como resultados se pretende cuantificar los costos mensuales de las actividades, el costo de una tonelada de producto final (pulpa mix), ingresos por ventas, beneficios absolutos y relativos, evaluando cómo impacta en éstos las distintas proporciones de la mezcla definidas.

2. METODOLOGÍA

En esta sección se describen las etapas productivas, se diagrama el proceso y se determina el modelo de costeo que conviene implementar.

2.1. Descripción del proceso

El proceso productivo se compone de 3 subprocesos: la obtención de pulpa Kraft por un lado, la producción de pulpa a partir de papel reciclado, por otro, y finalmente el proceso de la mezcla de ambas. A continuación se describe cada uno de estos subprocesos.

2.1.1. Subproceso 1: producción de pulpa a través del proceso Kraft

Este subproceso consiste en el tratamiento químico de la madera ingresada a fin de obtener pulpa virgen, y sus etapas son:

Selección: Se realiza la selección de aquellos troncos de *Pinus Elliotti* que sean aptos para el proceso de pulpado, se descartan los que se encuentran torcidos, en mal estado, con huecos o con metales. Se considera un rendimiento aproximado del 95%. Este proceso es efectuado manualmente y como resultado se obtienen *troncos seleccionados*.

Descortezado: En esta etapa se procede a eliminar la corteza de los troncos ya que la misma posee poca fibra, presenta alto contenido de sustancias extractivas, es oscura y con frecuencia acarrea grandes cantidades de tierra. Este proceso es mecánico y se realiza mediante una descortezadora de madera. El producto intermedio obtenido son los *trocos descortezados* y el rendimiento del proceso es del 98%, debido a la corteza retirada.

Cortado: Se cortan en trozos los troncos libres de corteza, se lleva a cabo un corte tanto longitudinal como transversal. Esta etapa es necesaria para poder procesar los troncos en la siguiente etapa. Como rechazo se obtiene el aserrín lo que provoca que esta etapa tenga un rendimiento del 99%. La máquina a utilizar es una sierra de cinta para trocos y luego de este proceso se obtienen *troncos cortados*.

Chipeado: La actividad consiste en llevar a dimensiones más pequeñas los troncos cortados que se ingresan, con este objetivo se obtienen *astillas*. La máquina que se utiliza se denomina *astilladora* y el rendimiento del proceso es del 99%.

Clasificación de astillas o cribado: El tamaño del producto intermedio producido por la *astilladora* tiene un amplio rango y la preparación de la pasta requiere que sean de dimensiones muy específicas para asegurar un flujo constante a través de los refinadores y un nivel de reacción uniforme en los digestores. En consecuencia, las *astillas* pasan por una serie de *cribas* cuyo fin consiste en clasificarlas por longitud y grosor, aquellas demasiado grandes se vuelven a pasar por la máquina, las menores se utilizan como residuos combustibles o se convierten en aserrín y sólo las del tamaño adecuado se usan en el paso que sigue. La máquina de la cual se hace uso se denomina *tamiz vibrante*. Esta etapa tiene un desperdicio del 10%.

Cocción: Se lleva a cabo en un digestor de tipo continuo, las *astillas* adecuadas se introducen por la parte superior y una vez que se encuentran dentro del digestor comienza la *cocción* entre éstas y el licor de impregnación (llamado *licor blanco*). Este último es una mezcla de hidróxido sódico (NaOH) y sulfuro de sodio (Na₂S) que permite la liberación de las fibras de celulosa mediante la disolución de la lignina. El desecho generado en el proceso se denomina *licor negro*, el cual es reprocesado para transformarse nuevamente en *licor blanco*. El producto intermedio obtenido queda depositado en el fondo del digestor y se lo llama *pulpa cruda*. El rendimiento del proceso es del 62% de lo que ingresa al mismo.

Tamizado: La *pulpa cruda* se tamiza para separar los trozos de madera que hayan quedado sin digerir. El resultado de la etapa es la *pasta cruda tamizada*, la máquina utilizada es un *tamiz* y el rendimiento es del 97%.

Lavado: La pasta de celulosa que sale del digestor es lavada con agua y clasificada a través de varios filtros. Los nudos de la madera y otros chips que no pasan por los filtros son enviados de vuelta al digestor. La *Pulpa Kraft* obtenida posee una consistencia del 25% y tiene aún un contenido importante de lignina, que le da una tonalidad color café, similar al color natural de la madera. El rendimiento de esta etapa es 400% por tn de pasta cruda debido al ingreso de agua.

2.1.2. Subproceso 2: producción de pulpa a partir de papel post-consumo

Este subproceso implica reutilizar papeles ya usados por los mercados de consumo a fin de obtener pulpas recicladas de papel. Sus actividades son:

Clasificación: Se clasifica la materia prima según el tipo de papel: papel blanco de escritura e impresión; diario; revista; cartón; otros. Los papeles metalizados y con alto contenido químico, así como también papeles de muy baja calidad se descartan del proceso. Los desperdicios son de 10%.

Pesaje: Se pesan los papeles en una balanza eléctrica. Se prefiere la utilización de papeles blancos de escritura e impresión y en menor grado periódicos y revistas. En esta etapa no se tiene desperdicios.

Molienda: El papel ya pesado ingresa al pulper a través de una cinta transportadora incorporada. En el pulper se muele el papel y luego se lo licua con agua, produciéndose *pulpa molida* con una concentración del 16%. El rendimiento es del 625% del papel ingresado a esta etapa dado que adicionalmente se agrega agua.

Primera depuración: La *pulpa molida* ingresa al depurador, se hace pasar la pasta a través de una rejilla en la que sólo pasan los pedazos menores a 8 [mm], esto permite eliminar los elementos livianos y grandes no deseados. Se obtiene *pulpa depurada* y los desperdicios de esta etapa son del 10%.

Segunda depuración: La *pulpa* que sale del depurador ingresa al cleaner, donde la pasta se sigue depurando a través de agua por centrifugado, los materiales pesados y pequeños no deseados descienden debido al centrifugado, permitiendo su eliminación. En esta etapa se pierde un 5% de materiales secos, manteniéndose el nivel de humedad, por lo que el rendimiento total es del 99%. Se obtiene la *pulpa sucia* de papel reciclado con una concentración del 15%.

Lavado y destintado: La pasta se limpia en un proceso de lavado de múltiples etapas que extrae el 99% de la tinta adherida a las fibras. Se agrega jabón de ácido graso, agua y la pasta sucia en una lavadora. Además se aplica aire comprimido que va desde el fondo del recipiente hasta la superficie, generando burbujas de jabón que atraen las partículas de tinta liberadas, eliminándose con el agua residual. El procedimiento se repite con múltiples tanques hasta depurar por completo la pasta. En esta etapa se descartan las fibras que no forman parte del papel (producto de los acortamientos de las fibras producidos por reciclados anteriores). El rendimiento es del 88% y se obtiene *pulpa de papel reciclado* con una consistencia del 14%.

2.1.3. Subproceso 3: producción de pulpa mixta

La producción de pulpa mixta consiste en mezclar en ciertos porcentajes las pulpas obtenidas y descriptas previamente y acondicionar la mezcla lograda a fin de que se pueda transformar luego en productos requeridos por el mercado. Las etapas productivas son:

Mezclado y Blanqueado: Se ingresa un 85% de pulpa Kraft y un 15% de pulpa de papel reciclado en la pileta y se mezclan las pulpas hasta alcanzar una pasta homogénea. A su vez, con el objetivo de eliminar el remanente de lignina contenida en la pasta se van adicionando productos químicos. Existen dos procesos para llevar esto a cabo: ECF (libre de cloro elemental) y TCF (totalmente libre de cloro elemental). La diferencia radica en el agente oxidante utilizado. El primero utiliza dióxido de cloro y el segundo utiliza peróxido de hidrógeno y oxígeno. En el presente trabajo se considera la segunda opción. Normalmente, en el proceso de blanqueo se pierde alrededor del 7% de la pasta color café, para alcanzar blancura estándar de 87-90% (rendimiento de la etapa del 93%). Como producto intermedio se obtiene *pulpa mix blanqueada*.

Secado 1 y Laminado: Debido a que la pasta hasta este momento posee un gran contenido de agua, se utiliza una máquina llamada fourdrinier, la cual mediante el accionamiento de rodillos, extrae el agua de la pasta por gravedad y mediante bombas de vacío, dándole la forma de una lámina. El producto obtenido en esta etapa es la *pulpa laminada*. La consistencia de la pasta luego del mismo pasa a ser del 46%. El rendimiento de la etapa es del 51%.

Secado 2: Consiste en dar un secado más intenso a la pasta laminada, en primer lugar utilizando pre-secadores, grandes cilindros en cuyo interior circula vapor a altas temperaturas. Luego pasa a los secadores principales, que por dentro están equipados de diversos rodillos calientes que conducen la lámina a través de calentadores por convección y radiadores infrarrojos. A la salida, la *lámina seca* posee una consistencia de 87 al 92%. El rendimiento es del 53%.

Enfardado y almacenado: Por último, utilizando una cortadora, las láminas toman una forma de pliegos que se apilan, éstos se prensan y se embalan en una unidad denominada fardo, los cuales se almacenan en bodegas hasta el momento de su utilización. La unidad final obtenida es *fardos de pasta celulósica mix* (mezcla de 85% de pulpa Kraft y de 15% de pulpa producida a través de papel reciclado).

En el proceso productivo se debe considerar el tratamiento de las aguas residuales con el fin de lograr los estándares de emisión exigidos por las normas ambientales [10]. Cabe aclarar que este aspecto no se tuvo en cuenta en el cálculo de costos que se presenta en las secciones que siguen dado que no forma parte del proceso en sí y se propone como trabajo futuro.

En la Figura 1 se presenta el diagrama de flujo del proceso descrito anteriormente.

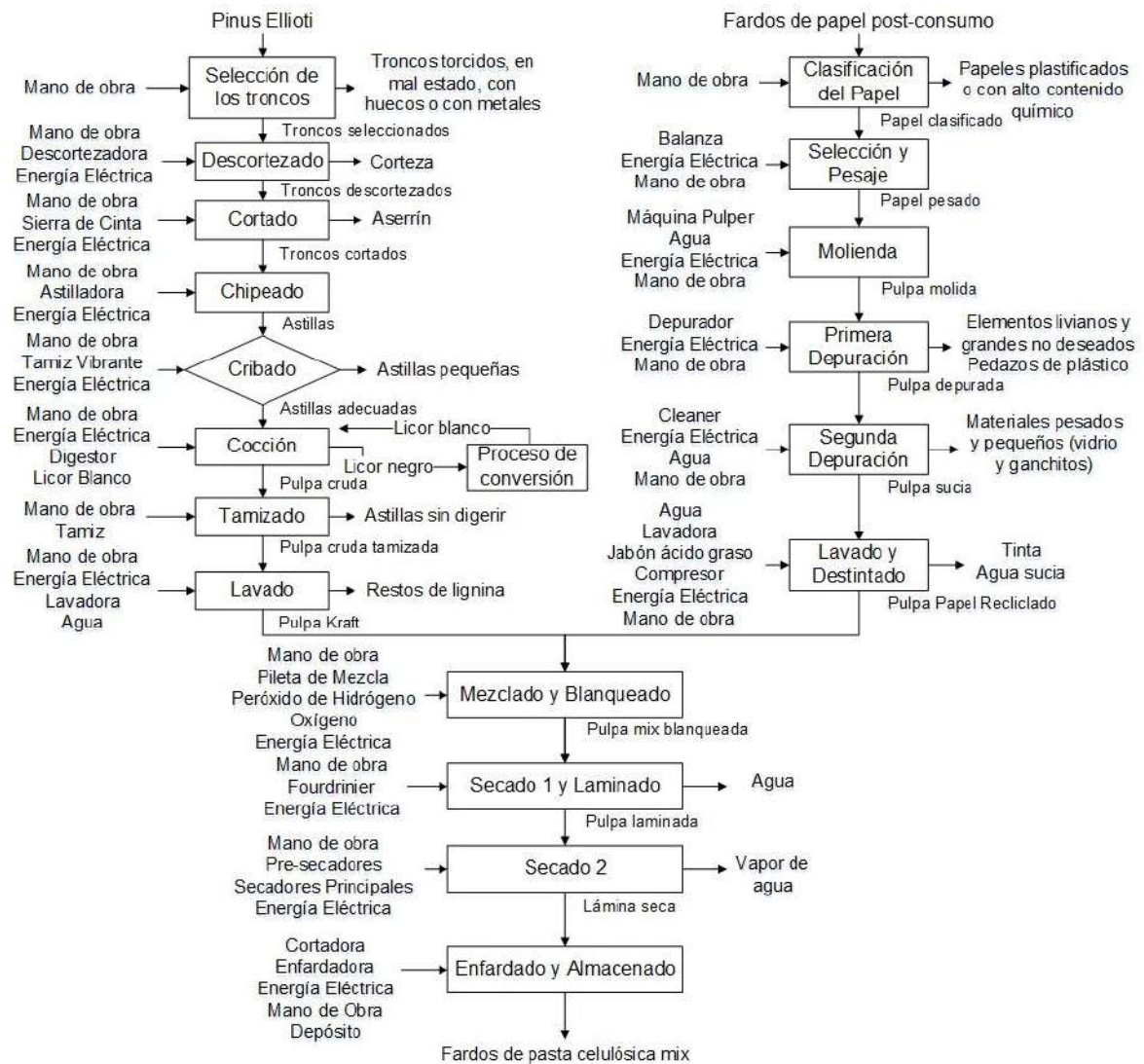


Figura 1 Diagrama de flujo del proceso

2.2. Elección del modelo

La elección de un modelo de costos debe reflejar cuáles y cuánto son los factores de sacrificio necesario para obtener los objetivos productivos. En este trabajo se selecciona el modelo de costeo completo normalizado que considera todos los costos, tanto fijos como variables, para la determinación del cálculo de costo unitario y asume una operación normal con lo cual es posible estimar los costos a priori. Dentro de un modelo completo existen varios métodos de asignación de costos, se decide evaluar el modelo ABC, el cual permite identificar las principales actividades que originan los costos y cuáles son sus inductores, estableciendo una causa-efecto entre actividades, recursos y resultados productivos.

2.2.1 Identificación de actividades

Se identifican 23 actividades, las mismas se clasifican en la Tabla 1 según el área dentro de la empresa: A (área administrativa) o P (área producción) y según el tipo de actividad. Además se definen sus inductores.

Tabla 1 *Clasificación de actividades e inductores.*

Nº	Actividad	Área	Tipo de actividad	Inductor
1	Supervisar producción	P	Secundaria	Horas de MO de producción
2	Supervisar administración	A	Secundaria	Horas de MO de administración
3	Planificar compras madera	A	Primaria	Toneladas de troncos comprados
4	Planificar compras papel	A	Primaria	Fardos de papel post-consumo
5	Planificar ventas	A	Primaria	Fardos de pasta celulósica mix
6	Seleccionar troncos	P	Primaria	Toneladas troncos comprados
7	Descortezar	P	Primaria	Horas máquina descortezadora
8	Cortar troncos	P	Primaria	Horas máquina Sierra
9	Chipear	P	Primaria	Horas máquina Astilladora
10	Cribar	P	Primaria	Horas máquina Tamiz Vibrante
11	Cocinar	P	Primaria	Horas máquina Digestor
12	Tamizar	P	Primaria	Toneladas de pulpa cruda
13	Lavar Kraft	P	Primaria	Horas máquina Lavadora 1
14	Clasificar la materia prima	P	Primaria	Fardos de papel post-consumo
15	Pesar	P	Primaria	Toneladas de Papel clasificado
16	Moler	P	Primaria	Horas máquina Pulper
17	Depurar 1	P	Primaria	Horas máquina Depurador
18	Depurar 2	P	Primaria	Horas máquina Cleaner
19	Lavar y destintar	P	Primaria	Horas máquina Lavadora 2
20	Mezclar y blanquear	P	Primaria	Horas máquina Mezcladora
21	Secar y laminar	P	Primaria	Horas máquina Fourdrinier
22	Secar 2	P	Primaria	Horas máquina Secador
23	Enfardar y Almacenar	P	Primaria	Fardos de pasta celulósica mix

2.2.2 Actividades Secundarias

Las actividades secundarias están conformadas por las actividades de supervisar producción (1), y supervisar administración (2). El costo de estas actividades es el primero que se determina a fin de incluirlos entre las actividades primarias que las consumen. La estructura de costos de cada una de estas actividades está formada por el costo de la mano de obra a cargo de la tarea (C_{MO_a}), el espacio utilizado (C_{EF_a}), el consumo de los servicios fijos (C_{SF_a}) y los bienes de uso (C_{BU_a}). Los inductores (NA_a) son, en el caso de supervisar producción, las horas de mano de obra de producción; y para supervisar administración, las horas de mano de obra de administración. El conjunto "a" hace referencia a la actividad.

$$C_{UNIT_a} = \frac{C_{MO_a} + C_{EF_a} + C_{SF_a} + C_{BU_a}}{NA_a} ; \forall a \in \{1,2\} \quad (1)$$

2.2.3 Actividades Primarias

El costo de las actividades primarias se conforma por los recursos que consumen, tanto fijos como variables, y del aporte que reciben de las actividades secundarias.

Para las actividades administrativas primarias (actividad 3, 4 y 5): su costo está compuesto por el de: la mano de obra (C_{MO_a}), el espacio físico (C_{EF_a}), el consumo de los servicios fijos (C_{SF_a}), los bienes de uso (C_{BU_a}) y del aporte de las actividades secundarias (C_{SEC_a}). Los inductores (NA_a) se indican en la Tabla 1.

$$C_{UNIT_a} = \frac{C_{MO_a} + C_{EF_a} + C_{SF_a} + C_{BU_a}}{NA_a} + C_{SEC_a} ; \forall a \in \{3,4,5\} \quad (2)$$

Para las actividades productivas primarias (actividad 6 a 23): los recursos que conforman el costo están dados por el costo de: mano de obra (C_{MO_a}), consumo de los servicios fijos (C_{SF_a}), la amortización del espacio físico utilizado para realizar la actividad (C_{EF_a}), la maquinaria utilizada (C_{MAQ_a}), la parte variable de los servicios (C_{SV_a}), los insumos consumidos (C_{IC_a}) y el aporte que reciban del costo de las actividades secundarias (C_{SEC_a}). Los inductores (NA_a) se indican en la Tabla 1.

$$C_{UNIT_a} = \frac{C_{MO_a} + C_{EF_a} + C_{SF_a} + C_{MAQ_a} + C_{SV_a} + C_{IC_a}}{NA_a} + C_{SEC_a} ; \forall a \in \{6, \dots, 23\} \quad (3)$$

Se considera la siguiente desagregación de los términos de las ecuaciones:

C_{MO_a} : *Costo de mano de obra*: se constituye por una porción de la remuneración (R_k) de cada tipo de trabajador k , en función del tiempo que cada uno emplea en la actividad a , sobre el tiempo de su jornada, lo cual está representado con el parámetro Ω_{ka} . Estos pueden ser supervisores de producción (sp), supervisores de administración (sa), administrativos (ad) u operarios de producción que se dividen en: operarios de alimentación (oa), de digestión (oc), de molienda (om), de depuración (od), de lavado (ol), de destintado (ot), de blanqueo (ob), de secado (os) y de enfardado (of) [11].

$$C_{MO_a} = \sum_1^{sp} R_{sp} * \Omega_{spa} + \sum_1^{sa} R_{sa} * \Omega_{saa} + \sum_1^{ad} R_{ad} * \Omega_{ada} + \sum_1^{oa} R_{oa} * \Omega_{oaa} + \sum_1^{oc} R_{oc} * \Omega_{oca} + \sum_1^{om} R_{om} * \Omega_{oma} + \sum_1^{od} R_{od} * \Omega_{oda} + \sum_1^{ol} R_{ol} * \Omega_{ola} + \sum_1^{ot} R_{ot} * \Omega_{ota} + \sum_1^{ob} R_{ob} * \Omega_{oba} + \sum_1^{os} R_{os} * \Omega_{osa} + \sum_1^{of} R_{of} * \Omega_{ofa} ; \forall a \in \{1, \dots, 23\} \quad (4)$$

C_{EF_a} : *Costo de la estructura física*: se trata de la amortización de la parte de estructura física (y) que se destina a cada actividad (a) en función del espacio que se ocupa para ejecutar la tarea (e_{ya}). Para amortizar el valor de los inmuebles (P_{EF_y}) se utiliza el parámetro $A_{50} = \frac{1}{600 \text{ meses}}$, debido a que los inmuebles (Y) pierden su valor debido al mero paso del tiempo, por esta razón se amortizan según su vida útil (50 años).

$$C_{EF_a} = \sum_1^y P_{EF_y} * A_{50} * e_{ya} ; \forall a \in \{1, \dots, 23\} \quad (5)$$

C_{SF_a} : *Costo del consumo de servicios fijos*: Incluye el cargo fijo de la energía eléctrica (C_{EE_F}), la energía eléctrica para la iluminación (C_{EE_L}) y el cargo fijo por el suministro de agua (C_{Agua_F}). La energía eléctrica se distribuye en función del espacio físico que se ocupa en cada tarea (e_{ya}) y el agua en función del nivel de consumo (g_a) de las actividades que utilizan este servicio.

$$C_{SF_a} = \sum_1^y (C_{EE_F} + C_{EE_L}) * e_{ay} + C_{Agua_F} * g_a ; \forall a \in \{1, \dots, 23\} \quad (6)$$

C_{MAQ_a} : *Costo de la maquinaria*: está dado por la amortización de las máquinas (n) y se lo multiplica por su porcentaje de utilización (m_{na}). Las máquinas se amortizan en 10 años, por lo que se utiliza el parámetro $A_{10} = \frac{1}{120 \text{ meses}}$. Se asume que no existen máquinas amortizadas.

$$C_{MAQ_a} = \sum_{n=1}^n P_{Maqn} * A_{10} * m_{na} ; \forall a \in \{6, \dots, 23\} \quad (7)$$

C_{SV_a} : *Costo variable de servicios*: se compone del costo de los recursos (s) que permiten que las máquinas funcionen, en este proceso las máquinas sólo consumen energía eléctrica. Se determina multiplicando: el costo unitario del recurso (C_s), el consumo de la máquina n del recurso s (w_{ns}) y el porcentaje de utilización de la máquina n en cada actividad a (m_{na}).

$$C_{SV_a} = \sum_{s=1}^s \sum_{n=1}^n C_s * w_{ns} * m_{na} ; \forall a \in \{6, \dots, 23\} \quad (8)$$

C_{BU_a} : *Costo de los bienes de uso*: es el costo de los elementos empleados como muebles, computadoras, impresoras, etc. Se amortizan en 5 años, por lo que se usa el parámetro $A_5 = \frac{1}{60 \text{ meses}}$. El parámetro h_{ea} representa el porcentaje de utilización de cada elemento según la actividad.

$$C_{BU_a} = \sum_{e=1}^e P_{Bue} * A_5 * h_{ea} ; \forall a \in \{1, \dots, 5\} \quad (9)$$

C_{IC_a} : *Costo de los insumos consumidos*: incluye el costo de los insumos (i) como los aditivos y el agua que se incorporan al producto. Está dado por la sumatoria del costo de cada insumo (C_{Ins_i}) por la cantidad utilizada (v_i) en cada actividad.

$$C_{IC_a} = \sum_{i=1}^i C_{Ins_i} * v_i ; \forall a \in \{6, \dots, 23\} \quad (10)$$

C_{SEC_a} : *Costo de la contribución de las actividades secundarias*: aporte de las actividades secundarias al costo de las actividades primarias. Es decir, a cada actividad primaria se le asigna una parte del costo de las actividades secundarias que consume. La actividad de supervisar producción, contribuye al costo de todas las actividades primarias del área de producción; y la actividad supervisar administración se asigna a todas las primarias del área de administración.

Los parámetros ϵ_{1a} y ϵ_{2a} son el porcentaje de asignación de las actividades secundarias 1 y 2 a la actividad primaria "a" correspondiente. Los parámetros μ_{1a} y μ_{2a} representan un factor de conversión, que permite relacionar el inductor de las actividades secundarias 1 y 2, con el de las actividades primarias "a", de manera que la unidades de C_{SEC_a} sean las mismas que la de la actividad primaria "a" a la que se asigna.

$$C_{SEC_a} = C_{UNIT_2} * \mu_{2a} * \epsilon_{2a} ; \forall a \in \{3, 4, 5\} \quad (11)$$

$$C_{SEC_a} = C_{UNIT_1} * \mu_{1a} * \epsilon_{1a} ; \forall a \in \{6, \dots, 23\} \quad (12)$$

Donde:

$$\mu_{2a} = \frac{NA_2}{NA_a} ; \forall a \in \{3, 4, 5\} \quad (13)$$

$$\mu_{1a} = \frac{NA_1}{NA_a} ; \forall a \in \{6, \dots, 23\} \quad (14)$$

El costo unitario de las actividades de la producción de fardos de pasta celulósica mix se calcula como la suma del costo de las actividades primarias, su unidad está dada en [\$/fardo de

pasta celulósica mix]. El inductor NA_{24} representa el número mensual de fardos de pasta celulósica mix producidos.

$$C_{UNIT.ACT.} = \sum_{a=3}^{24} C_{UNIT.a} * \frac{NA_a}{NA_{24}} \quad (15)$$

Finalmente, el costo unitario de la producción de fardos de pasta celulósica mix en un modelo de costeo completo ABC, es la suma del costo unitario de las actividades y el costo unitario de las materias primas (troncos y fardos de papel). Como estos últimos están dados en [\$/tn de troncos comprados] y en [\$/fardo de papel comprado], se utilizan los inductores NA_6 , NA_{14} y NA_{24} para que las unidades del término sean en [\$/fardo de pasta celulósica mix].

$$C_{UABC} = C_{UNIT.ACT.} + C^{MP1u} * \frac{NA_6}{NA_{24}} + C^{MP2u} * \frac{NA_{14}}{NA_{24}} \quad (16)$$

3. RESULTADOS

Se plantea un caso de estudio a fin de aplicar las ecuaciones propuestas. La empresa simulada se compone de un sector administrativo y otro productivo, estos se conforman por un jefe por sector, 2 administrativos y 28 operarios respectivamente. Se trabajan 9 horas por día, 24 días al mes.

Por mes se producen 500 toneladas de pulpa celulósica mix, siendo necesarias 869,11 toneladas de troncos Pinus Ellioti y 68,43 toneladas de papel post-consumo.

Considerando los rendimientos de las etapas, la composición de la pulpa y la cantidad producida en el mes, resulta que una tonelada de celulosa mix obtenida tiene un costo de \$ 9.944,73.

En la Tabla 2 se muestran los costos mensuales de las actividades primarias y los costos mensuales en materia prima. Se puede observar que la actividad más costosa es la actividad “cocinar”, perteneciente al subproceso 1, representando el 48,40% de los costos de las actividades, y le sigue, con un 38,31%, la actividad “mezclar y blanquear” que corresponde al subproceso 2. Luego, la materia prima representa el 6,63% del costo total.

Tabla 2 Costos mensuales por actividad y materia prima

		Costo [\$/mes]
93,37%	Actividad Primaria	
0,47%	Planificar compras madera	\$ 22.037,97
0,47%	Planificar compras papel	\$ 22.037,97
0,95%	Planificar ventas	\$ 44.022,61
0,48%	Seleccionar troncos	\$ 22.352,98
0,61%	Descortezar	\$ 28.522,37
0,28%	Cortar troncos	\$ 13.226,19
0,64%	Chipear	\$ 29.708,91
0,34%	Cribar	\$ 15.592,84
48,40%	Cocinar	\$ 2.247.019,84
0,42%	Tamizar	\$ 19.584,95
1,02%	Lavar Kraft	\$ 47.420,77
0,21%	Clasificar la materia prima	\$ 9.624,11
0,38%	Pesar	\$ 17.433,27
0,89%	Moler	\$ 41.101,72
0,53%	Depurar 1	\$ 24.511,77
0,66%	Depurar 2	\$ 30.710,47
1,21%	Lavar y destintar	\$ 55.954,96
38,31%	Mezclar y Blanquear	\$ 1.778.711,08
0,77%	Secar y Laminar	\$ 35.670,16
1,37%	Secar 2	\$ 63.426,49
1,60%	Enfardar y Almacenar	\$ 74.262,42
Total Actividades		\$ 4.642.933,84
6,63%	Materia Prima	\$ 329.432,93
Costo total		\$ 4.972.366,77

A continuación, la Figura 2 muestra los porcentajes que representa la estructura de costos de la empresa.

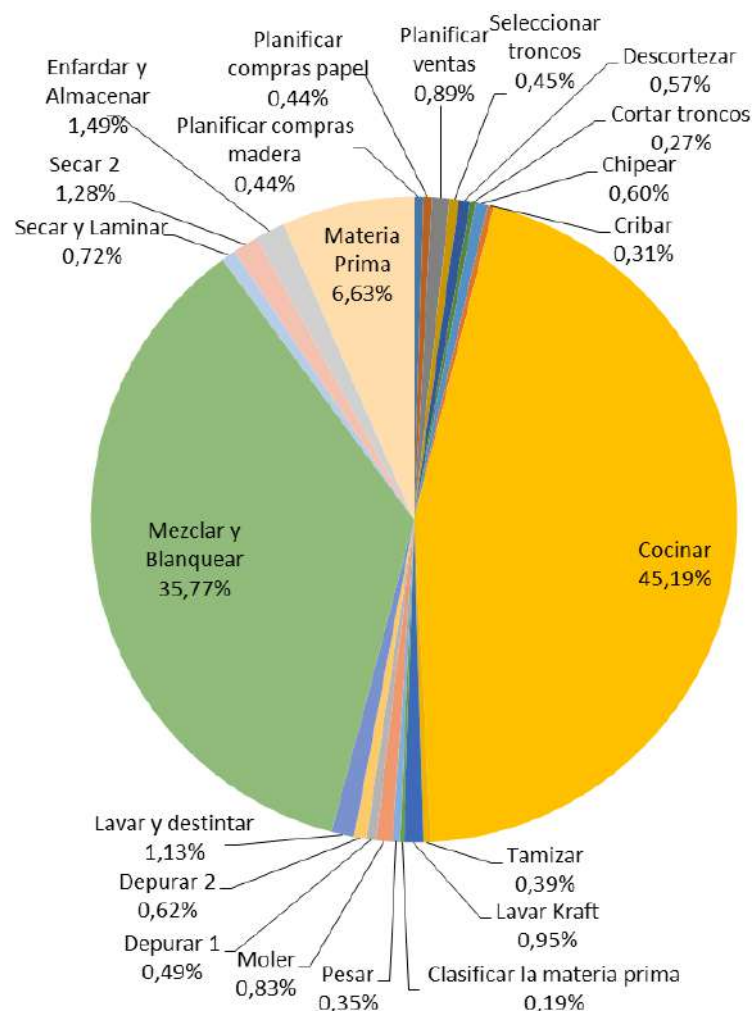


Figura 2 Estructura de costos

Al desglosar la composición de costos de la actividad “cocinar”, en la Figura 3 se puede observar que los principales costos están dados por los valores de los insumos utilizados: hidróxido de sodio y sulfuro de sodio (tienen un costo por tonelada de \$5.661 y \$6.880 respectivamente).

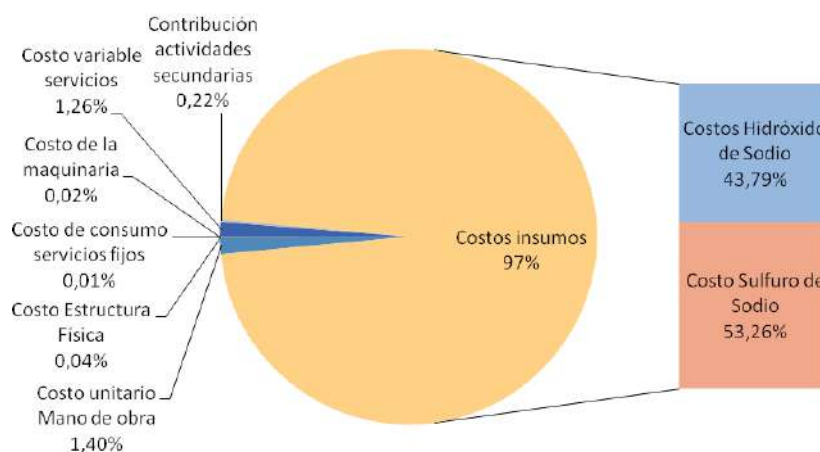


Figura 3 Composición de costos de la actividad “cocinar”

Asimismo, se estudia cómo varían los costos y los beneficios si en la actividad “mezclar y blanquear” se modifica la proporción de pulpa kraft y de pulpa de papel reciclado que conforma la mezcla. Para ello se tiene en cuenta como fluctúan las cantidades consumidas de materia prima (ya sea papel post-consumo y troncos Pinus Ellioti) y de todos los recursos necesarios para producir la misma cantidad final de pulpa mix.

En cuanto al cálculo de los ingresos por ventas mensuales, se considera una ponderación de los precios de venta de las pulpas vírgenes (fibras largas) y pulpas de reciclado (fibras cortas),

que según las estadísticas de Cluster Papel [12], éstos son de 700 euros/tn y de 600 euros/tn respectivamente. Para la mezcla definida se obtiene un precio de \$14.748,05 por tonelada de pulpa mix (considerando cotización del euro a \$21,53) [13].

En la Tabla 3 y en la Figura 4 se pueden apreciar los resultados obtenidos (en pesos argentinos (\$)).

Tabla 3 Costos y beneficios según la proporción de la mezcla celulósica

Composición de la		Valores unitarios			Valores mensuales		
Pulpa Kraft	Pulpa papel reciclado	Precio de venta Pulpa Mix [\$/tn mix]	Costo unitario [\$/tn mix]	Beneficio unitario [\$/tn mix]	Costo total por mes [\$/mes]	Ingresos por mes [\$/mes]	Beneficios por mes [\$/mes]
100%	0%	\$ 15.071,00	\$ 10.439,12	\$ 4.631,88	\$ 5.219.560,75	\$ 7.535.500	\$ 2.315.939,24
90%	10%	\$ 14.855,70	\$ 10.109,53	\$ 4.746,17	\$ 5.054.764,77	\$ 7.427.850	\$ 2.373.085,23
80%	20%	\$ 14.640,40	\$ 9.779,94	\$ 4.860,46	\$ 4.889.968,77	\$ 7.320.200	\$ 2.430.231,23
70%	30%	\$ 14.425,10	\$ 9.450,35	\$ 4.974,75	\$ 4.725.172,77	\$ 7.212.550	\$ 2.487.377,23
60%	40%	\$ 14.209,80	\$ 9.120,75	\$ 5.089,05	\$ 4.560.376,78	\$ 7.104.900	\$ 2.544.523,22
50%	50%	\$ 13.994,50	\$ 8.791,16	\$ 5.203,34	\$ 4.395.580,78	\$ 6.997.250	\$ 2.601.669,22
40%	60%	\$ 13.779,20	\$ 8.461,57	\$ 5.317,63	\$ 4.230.784,78	\$ 6.889.600	\$ 2.658.815,22
30%	70%	\$ 13.563,90	\$ 8.131,98	\$ 5.431,92	\$ 4.065.988,79	\$ 6.781.950	\$ 2.715.961,21
20%	80%	\$ 13.348,60	\$ 7.802,39	\$ 5.546,21	\$ 3.901.192,79	\$ 6.674.300	\$ 2.773.107,21
10%	90%	\$ 13.133,30	\$ 7.472,79	\$ 5.660,51	\$ 3.736.396,79	\$ 6.566.650	\$ 2.830.253,21
0%	100%	\$ 12.918,00	\$ 7.143,20	\$ 5.774,80	\$ 3.571.602,45	\$ 6.459.001	\$ 2.887.398,63

En la Figura 4 se puede apreciar cómo se modifican los resultados mensuales en función de cómo cambia la proporción de pulpa Kraft en la mezcla (Kraft y reciclado).

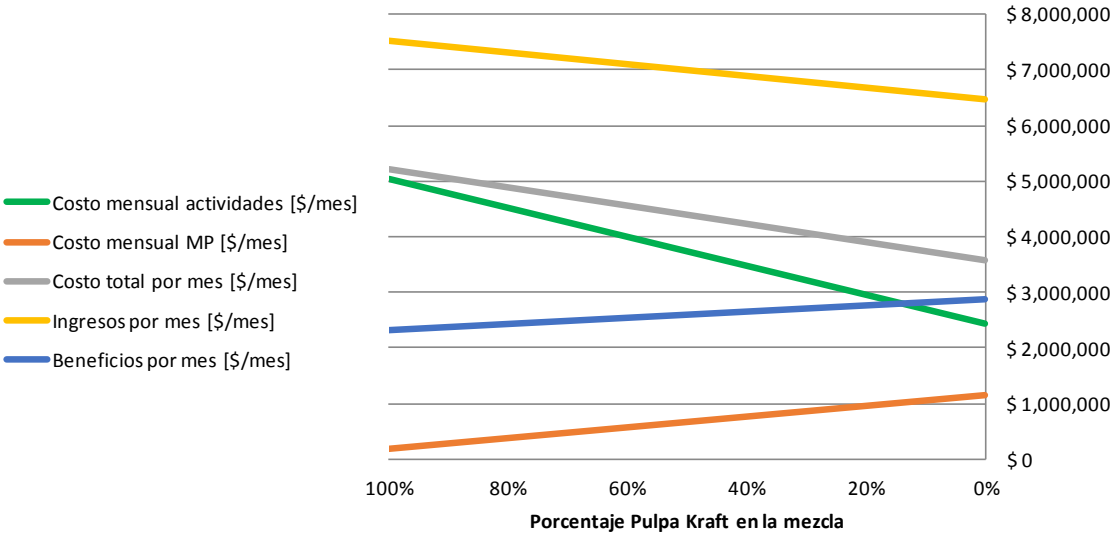


Figura 4 Variaciones en costos, ingresos y beneficios según la proporción de mezcla

De esta manera, se puede observar que los beneficios mensuales crecen al disminuir la cantidad de pulpa Kraft en la mezcla. Si bien los ingresos mensuales disminuyen (ya que el precio de venta de la tn de pulpa kraft es mayor que el precio de la tn pulpa producida a base de papel reciclado), también lo hacen los costos totales por mes.

Esta disminución en los costos totales por mes, se debe a la disminución del costo mensual de las actividades (al producir menor cantidad de pulpa kraft, se necesita menor cantidad de insumos en la actividad de cocción, que es la actividad con mayor costo). Por otro lado, los costos mensuales en materia prima aumentan (debido a los altos costos de adquisición de papel post-consumo), pero lo hacen en menor medida.

En función de los resultados mensuales obtenidos en la Tabla 3, se calcula la rentabilidad (beneficios/costos totales) para cada proporción de composición de pulpa, tal como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4 Rentabilidad según la proporción de la mezcla celulósica

Composición de la Pulpa		Beneficio relativo (B/CT)
Pulpa Kraft	Pulpa papel reciclado	
100%	0%	44%
90%	10%	47%
80%	20%	50%
70%	30%	53%
60%	40%	56%
50%	50%	59%
40%	60%	63%
30%	70%	67%
20%	80%	71%
10%	90%	76%
0%	100%	81%

La Tabla 4 indica que a mayor proporción de pulpa a partir de papel reciclado en la mezcla, se obtienen mejores resultados (beneficios absolutos sobre costos totales), sin embargo, se debe tener en cuenta que al reducir la cantidad de pulpa kraft en la mezcla, la calidad de la pulpa puede disminuir.

4. CONCLUSIONES

A partir de los resultados expuestos en el caso de analizar la mezcla de pulpas Kraft y de reciclado se puede asumir que la mejor situación se plantea cuando se produce mayor proporción de pulpa a partir de reciclado. Si bien los costos de materia prima aumentan a medida que se produce mayor cantidad de pulpa reciclada, fruto del alto costo de adquisición del papel post-consumo, los costos de las actividades disminuyen en mayor medida, representando un impacto positivo en los resultados.

Es necesario por lo tanto contar con una metodología de obtención de papel post-consumo, políticas públicas y concientización social a fin de reducir los costos de adquisición, para que la producción a base de papel reciclado sea cada vez más viable y se pueda desarrollar, fomentando además sus ventajas ecológicas. En el caso de lograrlo, sería posible incrementar la producción de pulpa mixta con cierta proporción de papel reciclado evaluando cuál es la más adecuada a fin de no afectar la calidad deseada por los mercados de consumo.

Se coincide con otros autores que sostienen que el reciclado de papel implica una reducción de consumo de recursos, relacionando este aspecto con la disminución de los costos de las actividades, que son las que precisamente consumen dichos recursos.

El trabajo presentado cumple con los objetivos propuestos, permite evaluar y comparar los resultados de diferentes alternativas de producción para la toma de decisiones en la industria papelera.

Como trabajo futuro se propone evaluar los costos relacionados a mitigar el posible impacto ambiental que podrían provocar estos procesos, considerando los costos de las instalaciones necesarias para tratar todo tipo de emisión al medio ambiente, principalmente aquellos generados por el tratamiento de aguas residuales por las características de la industria.

5. REFERENCIAS

- [1] Zanuttini, Miguel. (2008). Las industrias pasteras y sus emisiones. 9° Foro de Ciencias. Web: <http://www.fiq.unl.edu.ar/celulosa/FeriaDelLibro.pdf>
- [2] Raffaelli, Natalia; Tonello, María Laura. (2015). Pulpa y papel. Industrias de transformación química. Web: <http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/course/view.php?id=109>
- [3] Fiasconaro, Pablo. (2015). "Reciclar, reducir y reemplazar papel". Web: http://www.unl.edu.ar/noticias/news/view/reciclar_reducir_y_reemplazar_papel#.WUP5pus1_cc
- [4] León Nieto, Cindy; Fuentes Medina, Michel. (2012). Diseño de un proceso para la fabricación de papel reciclado ecológico a escala laboratorio usando peróxido de hidrógeno. Cartagena.

- Web:<http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/112/1/TESIS%20DE%20GRADO.pdf>
- [5] Area, María C; Mastrantonio, Guido; Vélez, Hugo. Gestión ambiental en la fabricación de papel reciclado. Cap 8. Web. <http://www.riadicyp.org/images/libros/pdfs/reciclado/cap8.pdf>
 - [6] Kumar Pati, Rupesh; Vrat, Prem; Kumar, Pradeep. (2006). "Economic analysis of paper recycling vis-a-vis wood as raw material". *International Journal of production economics*. 103. 2, 489–508. Web: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.08.006>
 - [7] Cerutti, Julia. (2016). Papel y celulosa. Análisis tecnológicos y prospectivos sectoriales. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Web: <http://www.mincyt.gob.ar/adjuntos/archivos/000/047/0000047528.pdf>
 - [8] Rolón, Jazmín; Mués C. Federico; Rodríguez, María Elvira; Tucci, Víctor; Rodríguez, María Analía. (2016) "Análisis de los costos de producción de pulpa de celulosa: métodos Kraft y mecánico". *Congreso Argentino de Ingeniería Industrial- COINI*. Salta, Argentina.
 - [9] Martínez, Candela; Mues, Carlos; Rodríguez, María Elvira. (2017). "Análisis de los costos de producción de pulpa de celulosa obtenida a partir de papel reciclado". Jornadas de Jóvenes Investigadores Tecnológicos. Reconquista, Argentina.
 - [10] Ley general del ambiente: Ley Nacional 25.675. (2002). Web:http://www.icaa.gov.ar/Documentos/Ges_Ambiental/LEY-25675-GENERAL-AMBIENTE.pdf
 - [11] Convenio Colectivo de Trabajo N° 720/15. Web: <http://www.papeleros.org.ar/descargas/fabricacion-cct-720-15.pdf>
 - [12] Asociación Cluster del Papel de Euskadi. Web:<http://www.clusterpapel.com/upload/estadisticas/precios%20pasta%20y%20papel.pdf>
 - [13] Web:<http://www.ambito.com/economia/mercados/monedas/euro/?ric=EUR=X> (Fecha consulta: 15/08/17)

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe por el apoyo y financiamiento brindado durante el desarrollo del presente trabajo.

Evaluación por simulación para el análisis económico de la incorporación de energías renovables en las políticas de consumo industrial

¹Bordón, Francisco; ¹Berterame, Franco; ¹Chezzi, Carlos María; ²Lerman, Ricardo;
¹Penco, José Jorge, y ²Tymoschuk, Ana Rosa.

¹Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional.
Salta 277 (E3200EKE) Concordia, Entre Ríos.

²Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional.
Lavaïsse 610 (S3004EWB) Santa Fe, Santa Fe.

fran-bordon@hotmail.com

franco_berte@hotmail.com

carlos_chezzi@frcon.utn.edu.ar

ricardolerman@gmail.com

jpenco@frcon.utn.edu.ar

atymoschuk@frsf.utn.edu.ar

RESUMEN

La producción de recursos energéticos de nuestro país, en el año 2015, muestra un 36 % en combustibles líquidos y un 39 % en gas, lo que indica en suma un mayor porcentaje respecto a las otras alternativas. Esto trae como consecuencia la emisión de contaminantes y una explotación indiscriminada de recursos naturales limitados. Además, de los sectores de consumo, el industrial es el más elevado, por lo cual el fomento del uso de alternativas renovables y de eficiencia energética es un requisito primordial para reducir el daño climático, propiciar nuevas políticas, estimular la sustentabilidad y lograr la competitividad de la economía. Su incorporación implica una nueva filosofía de trabajo y una decisión de inversión económica considerable. Por ello se debe pensar en un plan estratégico de integración de energías alternativas y para esto es necesario contar con herramientas que permitan analizar a priori la factibilidad de utilización. El uso de la simulación en la industria permite comunicar modelos, desarrollar estrategias, aprender sobre la organización y analizar escenarios. DEVS (Discrete Event System Specification) es un formalismo que permite diseñar modelos complejos para implementarlos en un lenguaje de simulación. El objetivo de este trabajo es presentar un método de evaluación de estrategias de incorporación de energías alternativas a través de la simulación en el consumo industrial. Se presenta un modelo DEVS de un proceso industrial con la posibilidad de incorporar la generación de energía eléctrica con fuente solar como alternativa. Se aborda un caso de estudio para una industria local dedicada a la elaboración de productos alimenticios, que trabaja en forma regular en un proceso continuo las 24 horas. Se simulan para obtener la configuración de paneles necesarios y se calculan indicadores económicos y de reducción de gases de efecto invernadero (GEI). Como resultado del trabajo se obtiene una herramienta informática que permite evaluar la aplicación del cronograma de la Ley N° 27.191 en la industria, previa a su desarrollo.

Palabras Claves: Simulación, DEVS, modelo energético, energías renovables, análisis económico, GEI.

ABSTRACT

The production of energy resources in our country, in 2015, shows 36 % in liquid fuels and 39 % in gas, which indicates a greater percentage of the other alternatives. This results in the emission of pollutants and the indiscriminate exploitation of limited natural resources. In addition, the industrial sector is the highest, encouraging the use of renewable alternatives and energy efficiency is a primary requirement to reduce climate damage, promote new policies, stimulate sustainability and achieve economic competitiveness. Its incorporation implies a new philosophy of work and a considerable economic investment decision. Therefore, it is necessary to think of a strategic plan for the integration of alternative energies and for this it is necessary to have tools that allow to analyze a priori the feasibility of use. The use of simulation in the industry allows to communicate models, to develop strategies, to learn about the organization and to analyze scenarios. DEVS (Discrete Event System Speciation) is a formalism that allows the design of complex models to be implemented in a simulation language. The objective of this work is to present a method to evaluate the strategies of incorporation of alternative energies through simulation in industrial consumption. A DEVS model of an industrial process is presented with the possibility of incorporating electric energy generation with solar source as an alternative. It addresses a case study for a local food processing industry, which works on a regular basis in a 24-hour continuous process. They are simulated to obtain the required panel configuration and economic and greenhouse gas (GHG) reduction indicators are calculated. As a result of the work, a computer tool is obtained that allows evaluating the application of the schedule of Law N° 27.191 in the industry prior to its development.

1. INTRODUCCIÓN

La inversión en tecnologías de energías renovables para la generación de energía eléctrica es una necesidad a abordar para la planificación de políticas de consumo industrial, procurando la equivalente disminución en las emisiones de gases y la independencia del uso de combustibles fósiles como única fuente. Dichas políticas deben estar acompañadas de acciones de los gobiernos tales como inversiones, subsidios y créditos para la generación de energía con fuentes renovables y proporcionar estímulos impositivos [1].

A nivel nacional, se propone la Ley N° 26.190, “Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica”, promulgada en el año 2006 [2] y su modificación, la Ley N° 27.191, aprobada en el año 2015 [3]. Dichas leyes son los instrumentos normativos que incentivan la implementación de fuentes de energías renovables y la reducción de efectos climáticos de las energías no renovables. Para ello se establece un régimen con el fin de lograr una contribución de las fuentes de energía renovables que va desde el 8 % del consumo de energía eléctrica nacional, a alcanzar el 31 de diciembre de 2017 y hasta el 20 % del consumo de energía eléctrica nacional, al 31 de diciembre de 2025. Además, se establece que todos los usuarios de energía eléctrica de la República Argentina deberán contribuir con el cumplimiento de los objetivos fijados en la Ley N° 26.190 y se estipula un cronograma gradual de incremento en la capacidad de generación, cuya descripción se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. *Cronograma de porcentajes requeridos*

Fecha	Porcentaje de generación con renovables
31/12/2017	8 %
31/12/2019	12 %
31/12/2021	16 %
31/12/2023	18 %
31/12/2025	20 %

Del análisis de las leyes mencionadas se destacan beneficios tales como deducciones en el Impuesto al Valor Agregado, en el Impuesto a las Ganancias y la obtención de un Certificado Fiscal. Por otra parte, los beneficiarios del presente régimen, que en sus proyectos de inversión acrediten fehacientemente un 60 % de integración de componente nacional en las instalaciones electromecánicas, excluida la obra civil o el porcentaje menor que acrediten en la medida que demuestren efectivamente la inexistencia de producción nacional, tendrán derecho a percibir como beneficio adicional un certificado fiscal para ser aplicado al pago de impuestos nacionales.

En cuanto a los grandes usuarios del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) y las grandes demandas que sean clientes de los prestadores del servicio público de distribución o de los agentes distribuidores, con demandas de potencia iguales o mayores a 300 kW, deberán cumplir efectiva e individualmente con los objetivos indicados en la mencionada Ley N° 26.190. A tales efectos, podrán autogenerar o contratar la compra de energía proveniente de diferentes fuentes renovables de generación. La compra podrá efectuarse al propio generador, a través de una distribuidora que la adquiera en su nombre a un generador, de un comercializador o comprarla directamente a CAMMESA bajo las estipulaciones que, para ello, establezca la Autoridad de Aplicación.

Los contratos suscriptos por los sujetos indicados en el párrafo anterior no podrán fijar un precio promedio mayor a ciento trece dólares estadounidenses o su equivalente en moneda nacional, por cada megavatio-hora comercializado entre las partes (US\$ 113/MWh).

Por los incumplimientos en las obligaciones de consumo de la porción de energía eléctrica renovable correspondiente a los porcentajes indicados en el párrafo anterior, los Grandes Usuarios del MEM y las grandes demandas que sean clientes de los prestadores del servicio público de distribución o de los agentes distribuidores, como penalidad por dicho incumplimiento deberán abonar sus faltantes a un precio equivalente al Costo Variable de Producción de Energía Eléctrica correspondiente a la generación cuya fuente de combustible sea gasoil de origen importado, calculado como el promedio ponderado de los doce meses del año calendario anterior a la fecha de incumplimiento. Cada provincia se deberá adherir a la presente ley y a dictar en sus respectivas jurisdicciones su propia legislación destinada a promover la producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables de energía.

Por tanto, la industria se enfrenta al desafío de generar parte de la energía eléctrica que consume con la planificación de políticas de generación propia con fuentes renovables [4]. Dicha planificación requiere acciones de incorporación de tecnología que implican importantes desembolsos de capital, por lo cual se requiere una evaluación antes de tomar las decisiones.

La simulación por computadora es una técnica que permite la construcción de un modelo que representa la realidad y frente a diferentes escenarios se puede estudiar el sistema desde una visión dinámica. Es una técnica que posibilita la experimentación de escenarios previamente a su implementación.

Para desarrollar los modelos de simulación se requiere de una teoría que fundamente su diseño y semántica. Un marco conceptual para la especificación de modelos para simulación de un sistema de eventos discretos es DEVS (Discrete Event System Specification), mediante el cual se cuenta con un formalismo que propone recursos para la construcción rigurosa de modelos con capacidad de representación de sistemas complejos [5][6].

Por ello el objetivo de este trabajo es presentar una estrategia de simulación para el análisis de la incorporación de capacidades de generación con energías alternativas en la industria y de este modo evaluar la factibilidad de lograr los porcentajes de generación requeridos por la mencionada Ley N° 27.191 de acuerdo al cronograma establecido (Tabla 1).

Se presenta un modelo DEVS de un consumo industrial y se simula con el fin de analizar las capacidades de generación energética.

2. CONSUMO ELÉCTRICO LOCAL Y REDUCCIÓN DE EMISIONES.

2.1. Situación actual del consumo eléctrico industrial en la zona.

En la ciudad de Concordia, provincia de Entre Ríos, la empresa distribuidora de energía eléctrica cuenta con aproximadamente 55 mil usuarios, con un 20 % correspondiente al sector industrial. En el Gráfico 1 se observan los distintos tipos de tarifas de servicio eléctrico. El mayor porcentaje corresponde a la demanda del sector residencial, comercial y alumbrado público. El sector industrial se divide en tres tarifas, a saber: (i) gran demanda – Vinculación inferior en Media Tensión – 13,2 kV (VIMT), (ii) gran demanda – Vinculación inferior en Alta Tensión – 33 kV (VIAT) y (iii) gran demanda – Vinculación inferior en Baja Tensión – 0,4 kV (VIBT).

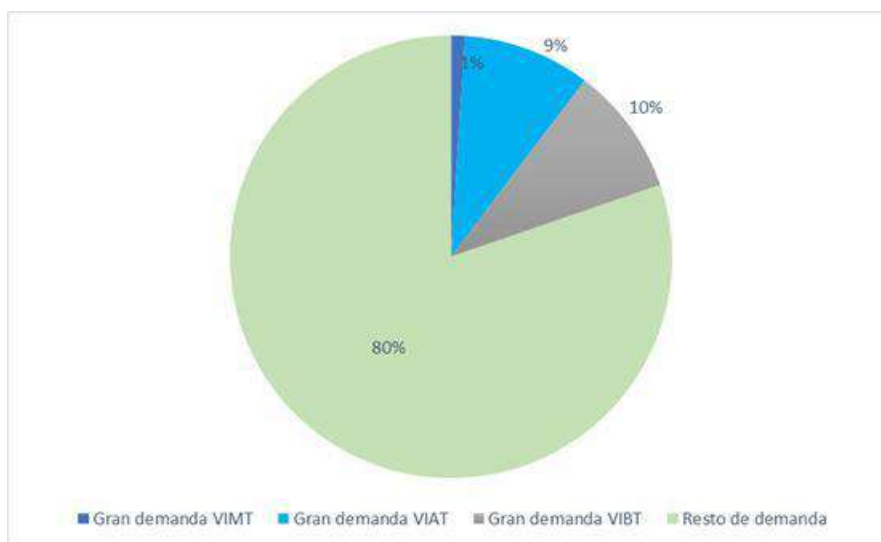


Gráfico 1. Tarifas sector industrial

Dentro del sector industrial existen 11 usuarios como gran demanda, cuya potencia requerida es mayor a 300 kW, y representan el 10 % del consumo total de la ciudad de Concordia. Estos usuarios, deben generar el 8 % de su demanda con energías renovables antes del 31 de diciembre del corriente año.

2.2. Reducción de los GEI frente a las nuevas políticas.

La incorporación de energías renovables constituye una de las medidas más relevantes que se pueden tomar con el fin de mitigar el Cambio Climático. Los recientes informes publicados por el IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) han confirmado que la incesante emisión de gases de efecto invernadero, particularmente de dióxido de carbono (CO₂) que está modificando dramáticamente el clima global. Se estima que durante este siglo se producirá una elevación de la temperatura global entre 1,4 y 5,8 °C de continuar con las actuales tendencias de emisiones. Los impactos asociados al calentamiento global son enormes, de gran escala, irreversibles y ponen en riesgo la biodiversidad natural, los ecosistemas productivos y a las poblaciones humanas. Existen ya muchas evidencias de impactos asociados a este fenómeno, tales como mayores eventos meteorológicos extremos como huracanes, inundaciones y sequías, expansión de enfermedades como la malaria y el dengue. El uso de los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) es el principal responsable de este problema de escala global.

Es necesario entonces, poner límites a las emisiones, y por ende, al uso de los combustibles fósiles de manera tal de mantener el cambio climático dentro de ciertos límites "tolerables". Estos límites señalan que debemos reducir el uso de estos combustibles urgentemente. A diferencia de

la obtención de energía mediante la quema de combustibles fósiles, las energías renovables no generan GEI durante la etapa de operación. Para el análisis de la disminución de generación de GEI, se tomaron en cuenta los indicadores de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo sustentable de la Nación en relación con los factores de emisión de CO₂ de la red argentina de energía eléctrica. Tomando en cuenta las mediciones históricas del Indicador CO₂/kWh, se calcula que el promedio de emisiones es de 0,319 kg/kWh.

El consumo de energía eléctrica promedio residencial de la ciudad de Concordia es de 370 kWh por mes, y suponiendo que en los próximos años es factible que los usuarios puedan suplir el 40 % de la demanda residencial con energía solar fotovoltaica, la disminución de emisiones de CO₂ se describe en la Tabla 2.

Tabla 2: *Disminución de emisiones de CO₂*

	Consumo Promedio mensual	40 %	Energía aportada por la red
	370 kWh	148 kWh	222 kWh
Emisiones	118 kg CO ₂	47 kg CO ₂	71 kg CO ₂

Dados los resultados de la Tabla 2 se puede observar que cada usuario residencial puede reducir emisiones de CO₂ en 47 kg.

El cálculo del consumo promedio residencial de Concordia se realizó en base a datos de 26.777 conexiones, suponiendo que solo el 15 % del total de conexiones residenciales harán uso de energía solar fotovoltaica, se podría llegar a reducir en 188.778 kg las emisiones de CO₂.

3. MODELO DE SIMULACIÓN DEVS.

Discrete Event System Specification (DEVS) es un formalismo que permite describir modelos para simulación de sistemas de eventos discretos, en tiempo continuo. Las componentes del modelo DEVS se pueden clasificar en atómicas y acopladas. Cada componente individual es una atómica y la interrelación entre componentes atómicas es una acoplado. De este modo, dicho formalismo tiene la capacidad de representar complejidad mediante la integración de modelos atómicos y acoplados, lo cual es ventajoso para el caso en estudio, ya que los componentes tales como resistencias, inductancias y capacitores son modelos atómicos y sus relaciones son acoplamientos. Otra ventaja de este formalismo es que el simulador es independiente del modelo, por lo cual el modelo es abierto y su construcción no está sujeta a los requerimientos del simulador.

3.1. Modelo Base.

Para el diseño del modelo base se plantea un sistema eléctrico con el consumo de energía eléctrica, generación con fuente solar y aportes de la red eléctrica, de modo que se pueda satisfacer dicho consumo con la energía de red y la generación propia con fuente solar.

El modelo DEVS base se presenta en la Figura 1, el cual se organiza en dos componentes acopladas: (i) el modelo del sistema eléctrico, identificado como “Modelo de Consumo Energético” y (ii) el de experimentación y cómputo de métricas de salida, llamado “Marco Experimental”.

El marco experimental consta dos modelos atómicos. El “Generador de nivel de insolación” que produce los niveles de radiación solar y el “Transductor” que recibe los datos de salida y los procesa para presentar las métricas globales del sistema.

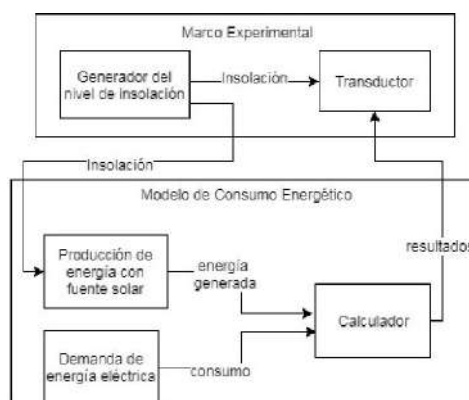


Figura 1: *Modelo base del sistema de consumo de energía eléctrica con aporte solar*

Por otro lado, el modelo de consumo energético formado por el acoplamiento de los modelos atómicos “Producción de energía con fuente solar”, que a partir de los niveles de insolación recibidos calcula la producción de energía eléctrica con fuente solar.

El modelo atómico “Demanda de energía eléctrica” genera los consumos de energía eléctrica requeridos por la vivienda y el modelo atómico “Calculador” que computa los consumos para cada unidad de tiempo, la generación solar y la cantidad inyectada a la red en el caso de un excedente de energía generada con fuente solar.

3.2. Modelo DEVS.

El framework DEVS puede ser implementado en DEVSJAVA, el cual es un entorno de simulación DEVS que utiliza el lenguaje Java. DEVSJAVA [8] es una herramienta de simulación cuya principal ventaja es la flexibilidad para la construcción de modelos personalizados de acuerdo a requerimientos específicos de cada problema. Por sus capacidades de programación orientada a objetos, posibilita un entorno de diseño escalable y reusable del código de programa.

El modelo DEVS propuesto consta de dos modelos acoplados formados por el marco experimental y el modelo de sistema eléctrico, el cual se presenta en la Figura 2.

El modelo acoplado “Marco Experimental” está compuesto por los modelos atómicos:

- “Generador del Nivel de Insolación”: es un modelo generador que contiene la distribución de probabilidad de los niveles de radiación solar, producidos en una unidad de tiempo diaria.
- “Transductor”: recibe los datos del calculador para computar los resultados de las salidas.

El modelo acoplado “Modelo de Consumo Energético” está formado por los modelos atómicos:

- “Demanda de la energía eléctrica”: es un modelo atómico generador que contiene la distribución de probabilidad de los consumos de energía eléctrica, producidos en una unidad de tiempo diaria.
- “Producción de energía con fuente solar”: sobre la base del nivel de radiación recibido, calcula la energía eléctrica generada con fuente solar. La unidad es kW/día.
- “Calculador”: recibe los datos de consumo y generación. Con dichos datos calcula la energía solar utilizada, la energía solar inyectada a la red y los consumos desde la red eléctrica.

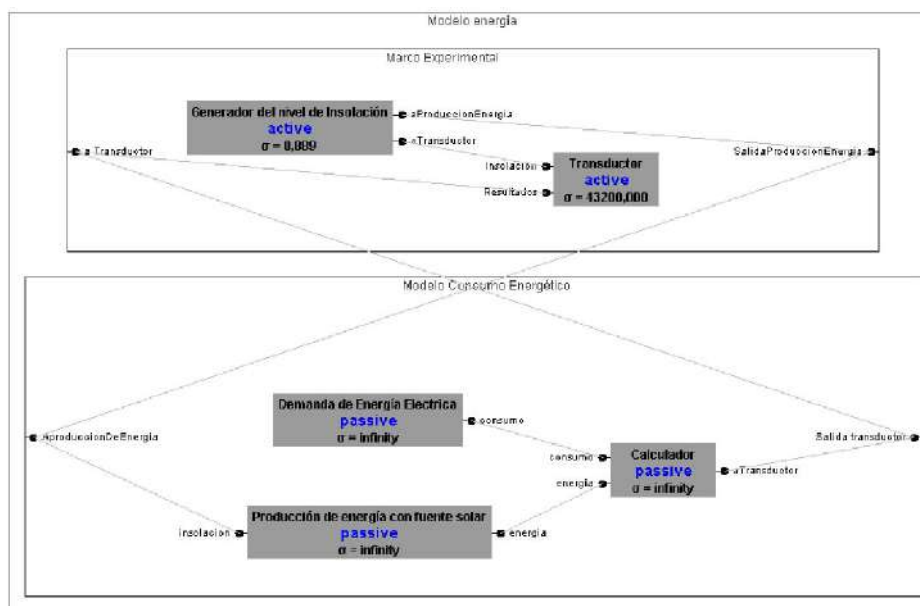


Figura 2: Modelo DEVS del sistema eléctrico con aporte solar

Durante la ejecución de la simulación los datos de salida se guardan en un archivo de log con el consumo requerido y el aporte con energía de fuente solar por día.

De la simulación se obtienen las métricas de salidas, de las cuales se destacan los porcentajes de consumo y de aportes energéticos.

4. Caso de Estudio.

4.1.- Datos del caso de estudio

Para este caso de estudio se considera una industria de la ciudad dedicada a la elaboración de productos alimenticios, que trabaja en forma regular en un proceso continuo las 24 horas, con las características en su consumo detalladas en la Tabla 3.

Tabla 3: Características y consumos

Consumo mensual	27.000 kWh
Consumo diario promedio	900 kWh
8 % del consumo mensual	2.160 kWh
8 % del consumo diario	72 kWh

Del consumo mensual de 27.000 kWh se debe obtener del cronograma (Tabla 1) el 8 % del valor mencionado antes del 31 de diciembre de 2017. Dicho valor se corresponde con 2.160 kWh por mes. Por lo tanto, la hipótesis de simulación es ¿Cuál sería la cantidad de paneles solares necesarios para abastecer 2.160 kWh promedio por mes?

4.2.- Parámetros del modelo de simulación

Para configurar el modelo de simulación se requieren dos parámetros: (i) demanda energética y (ii) generación fotovoltaica.

4.3.1. Distribución de probabilidad del consumo de electricidad.

Se considera un valor promedio por día de consumo de 900 kWh, por lo tanto se trabaja con una distribución constante, con argumento igual a 900.

4.3.2. Obtención de la distribución de probabilidad de la generación con fuente solar.

Para la obtención de la distribución de la generación solar se requiere de los datos de los niveles de radiación local. Para ello se toma como fuente de información los niveles de insolación provistos por la Estación Meteorológica Automática "Galileo Galilei" de la Facultad Regional Concordia de la UTN (<http://www.frcon.utn.edu.ar/galileo/mb3.htm>). De este modo se cuenta con los niveles de radiación medidos en W/m^2 .

Los kW/m^2 por día generados con fuente solar se calculan según la Ecuación 1, teniendo en cuenta que se divide sobre mil el nivel de insolación en W/m^2 para llevarlo a kW/m^2 . Como el aprovechamiento solar no es del 100 %, se lo multiplica por un porcentaje de aprovechamiento (PorAprov). Se considera un porcentaje de aprovechamiento del 22 %. Este porcentaje se obtiene comparando los resultados de experimentación por simulación con datos reales de una estación fotovoltaica.

$$kW / m^2 = ((W / m^2) / 1000) * PorcAprov$$

Ecuación 1

En la Ecuación 1 se calcula los kW generados por m^2 . Para obtener la generación total del equipo solar se aplica la Ecuación 2.

$$kW \text{ totales} = (kW / m^2) * m^2 \text{ panel}$$

Ecuación 2

De este modo se calcula el producto de los kW por m^2 por el total de m^2 del conjunto de paneles solares del kit. Para el caso de estudio se considera que cada panel ocupa $2 m^2$.

Se toman los datos de niveles de insolación de la estación meteorológica para el mes de julio, mes de menor insolación en el año para esta región. Se obtiene el 22 % (Ecuación 1) y se aplica el test de bondad de ajuste, cuyo resultado se muestra en el Gráfico 2.

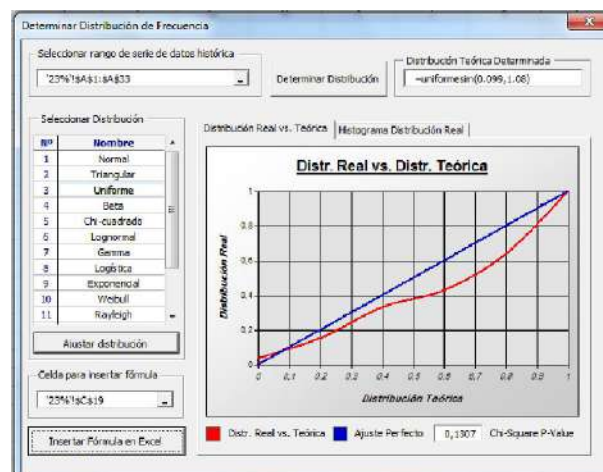


Gráfico 2: Test de bondad para la distribución del nivel de radiación

Del Gráfico 2 se concluye que la distribución de los niveles de radiación sigue una distribución de probabilidad uniforme con un valor mínimo de 0,099 kW/día y un valor máximo de 1,08 kW/día. Para completar el cálculo se debe multiplicar el valor de la generación por los metros cuadrados que miden la cantidad de los paneles del kit solar (Ecuación 2). Esta operación se realiza en el modelo atómico “Producción de energía con fuente solar” (Gráfico 2) del modelo DEVS del sistema eléctrico.

4.4. Simulación del Escenario 1.

Se simula sobre la base de los parámetros de las secciones 4.3.1 y 4.3.2 para el período de un mes. Como resultado se obtiene que son necesarios 100 paneles para lograr el 8 % de la generación, correspondiente a 2.200 kWh promedio por mes.

4.5. Descripción técnica del parque solar.

De la simulación se obtiene como resultado la necesidad de contar con cien paneles para cubrir el 8 % de la demanda. El parque solar está compuesto por un inversor (Figura 2) y paneles solares (Figura 3).



Figura 2: *Inversor*



Figura 3: *Paneles*

De la simulación se habían obtenido 100 paneles de 2 m² de superficie cada uno, que en el mercado se lo identifica como un panel de 310 Wp. Por lo tanto, para el funcionamiento del parque se requiere un inversor de 30.000 Wp.

Para lograr un funcionamiento óptimo del sistema, se debe tener en cuenta la tensión de entrada de operación del inversor. Para ello se requiere de 102 paneles cuya conexión es de 6 líneas en paralelo con 17 paneles en serie cada una.

Para validar el resultado obtenido de la simulación de 2.200 kWh en el mes de julio, se lo compara con los datos de generación aportados por un fabricante de un inversor de 30.000 Wp, que se observan en el Gráfico 3. Con la característica de nuestro parque solar tendremos una generación de 2.394 kWh en dicho mes, cubriendo la demanda mínima de 2.160 kWh.

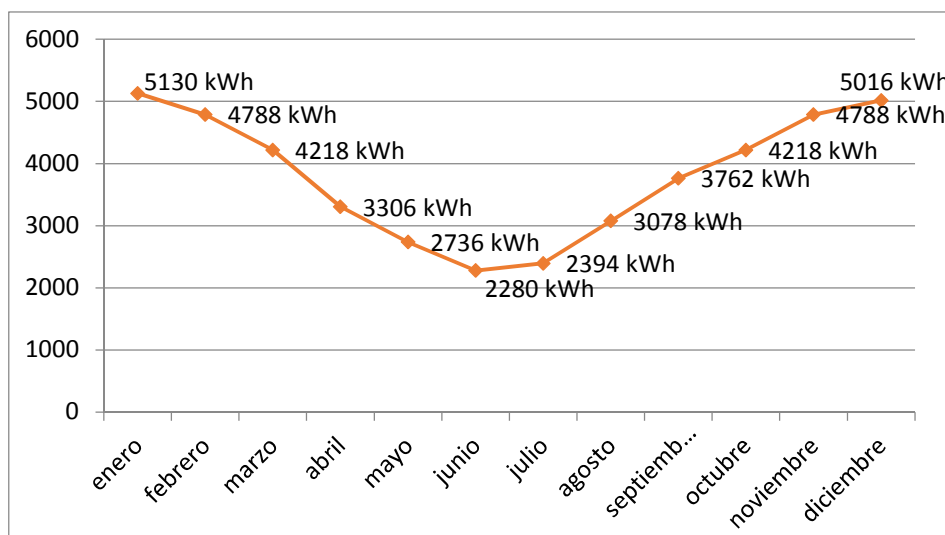


Gráfico 3: *Generación mensual estimada por el fabricante.*

4.6.- Evaluación económica

La solución propuesta tiene un costo de implementación de \$ 810.000.

Para realizar la evaluación económica se tiene en cuenta el precio de la energía eléctrica tomando los valores del cuadro tarifario que se encuentra en la página del Ente Provincial Regulador de Energía de Entre Ríos. (<http://epre.gov.ar/web/tarifario/>).

La empresa paga una tarifa para Grandes Usuarios – Vinculación Inferior en Baja Tensión (GU-VIBT), en la misma hay tres tipos de tarifas según el horario de consumo: (i) periodo horas restantes (de 5 a 18 h), (ii) periodo horas de valle nocturno (23 a 5 h) y (iii) periodo horas de punta (18 a 23 h). En nuestro caso se adopta la tarifa de periodo horas restantes ya que se corresponde con las horas diurnas de generación.

Se calcula la factura del servicio eléctrico para cada mes y se obtiene un monto de ahorro de \$ 86.000 anuales por la energía no consumida.

En la Tabla 4 y la Tabla 5 se encuentra el flujo de fondos económico con los valores.

Tabla 4: *Flujo de fondos*

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Inversión inicial	-\$ 810.000							
Ahorro de servicio eléctrico		\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000
Balance de cada período	-\$ 810.000	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000

Tabla 5: *Flujo de fondos*

	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Inversión inicial								
Ahorro de servicio eléctrico	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000
Balance de cada período	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000	\$ 86.000

Se observa que el periodo de repago se logra en el año diez, con un Valor Actual Neto (VAN) de \$ 380.000 pesos y una Tasa Interna de Retorno de 6,5 %.

4.7.- Simulación para alcanzar porcentajes establecidos por la Ley N° 27.191.

Se realiza una nueva simulación para calcular el número de paneles necesarios para alcanzar la generación requerida por la Ley N° 27.191, en forma progresiva hasta el año 2025.

En la Tabla 6 se aprecian los resultados de simulación que consisten en la generación requerida de acuerdo al porcentaje para el año, la cantidad de paneles correspondientes y la generación lograda con esa configuración.

Tabla 6: *Datos de cantidad de paneles y generación obtenida por año*

Año	Porcentaje	Generación requerida (kWh por mes)	Cantidad de Paneles	Generación obtenida (kWh por mes)
2019	12 %	3.240	133	3.240
2021	16 %	4.320	179	4.361
2023	18 %	4.860	200	4.873
2025	20 %	5.400	224	5.457

5. CONCLUSIONES.

En este trabajo se propone un modelo de simulación de un sistema energético con el fin de lograr los objetivos propuestos por la Ley N° 27.191, de la misma se obtiene la cantidad de paneles necesarios para lograr la generación estipulada. En función del número de paneles obtenidos se selecciona el inversor adecuado y con ello se calculan los costos del parque solar.

Esta estrategia de encontrar el número de paneles en base a los niveles de radiación es significativa ya que de lo contrario se debería contar con diferentes tecnologías de sensores solares implementadas para captar sus datos de producción energética.

Del análisis económico se observa que la inversión no es atractiva, sin embargo se recupera el capital invertido a los diez años y se cumple con la normativa vigente. Además se obtiene una disminución de gases de efecto invernadero de 14,5 toneladas de CO₂ al año.

6. REFERENCIAS.

- [1] Morris, Adele C. Nivola, Pietro S. Schultze, Charles L. (2012) Clean energy: Revisiting the challenges of industrial policy. *Energy Economics*, vol. 34, pp. 534-542.
- [2] Ley Nacional Argentina N° 26190. "Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica". (2006). https://www.iea.org/media/pams/argentina/PAMS_Argentina_LawonREincentives.pdf
- [3] Ley Nacional Argentina N° 27191. "Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica. Modificación". (2015). <http://portalweb.cammesa.com/Documentos%20compartidos/Noticias/Ley%20N%C2%B0%2027191-2015.pdf>.
- [4] Kluczek, Aldona. Olszewski, Pawe. (2017). "Energy audits in industrial processes". *Journal of Cleaner Production*, vol 142, pp. 3437-3453.
- [5] Palaniappan, S., Sawhney, A. and Sarjoughian, H. S. (2006). "Application of the DEVS Framework in Construction Simulation". In Proc. of the 2006 Winter Simulation Conference, pp. 2077-2086. IEEE.
- [6] Jarrah , Moath. (2016). "Modeling and Simulation of Renewable Energy Sources in Smart Grid Using DEVS Formalism". *Procedia Computer Science*, vol 83, n° 1, pp. 642-647.
- [7] Zeigler, B.P. and Sarjoughian, H. S. (2003). "Introduction to DEVS Modelling and Simulation with JAVA: Developing Component-Based Simulation Models". University of Arizona.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Mg. Ing. Fabio Dri por su invaluable asesoramiento.

ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL UTILIZANDO COMO MATERIA PRIMA EL RASTROJO DE MAÍZ Y SORGO.

*Autor: Mg Ing. Ascurra Adalberto Mario

Universidad Nacional de Lomas de Zamora –Facultad de Ingeniería

planeamiento@ingenieria.unlz.edu.ar

RESUMEN

Los esfuerzos de los países del mundo están orientados a la conservación de la energía y al desarrollo de fuentes alternativas motivados por dos problemas fundamentales: la contaminación del medio ambiente y la disminución de las reservas de los combustibles fósiles.

Los estudios realizados por organismos internacionales, Argentina tiene zonas con superávit potencial de biomasa energética y, desde una perspectiva agrónoma, posee condiciones adecuadas para el desarrollo de insumos básicos necesarios para la producción de energía a partir de biomasa, como también tiene un gran potencial y ventajas comparativas para la producción de biocombustibles.

El trabajo aborda el análisis de la factibilidad económica de obtener bioetanol lignocelulósico a través del rastrojo de maíz, considerando que nuestro país ha tenido, en los últimos diez años, incremento del rendimiento del cultivo. Esto pone en escenario la posibilidad de obtener rastrojo sin dañar la salubridad del suelo, y hacer sustentable en el tiempo, la obtención de la materia prima y transformarla en combustible.

El análisis muestra la conveniencia económica para procesar y convertir al rastrojo de maíz en bioetanol, aplicando el criterio de formar complejos productivos o joint venture.

Los resultados obtenidos demuestran la existencia de una utilidad bruta para el complejo productivo, y se asume como una buena aproximación la producción de bioetanol.

La metodología utilizada para el análisis se basa en el método de simulación Montecarlo, debido a la poca información publicada a la fecha.

Las conclusiones a las que se arriba, están orientadas desde el punto de vista económico, sin entrar en el análisis de los procesos productivos y sin considerar inversión inicial.

Palabras claves: Biocombustible; Bioetanol lignocelulósico; Método Montecarlo; Factibilidad económica.

ABSTRACT

The effort of the countries is orientated to the conservation of energy and the development of alternative sources motivated by two core issues, the pollution and the decrease in reserves of fossil fuels.

Studies achieved by International Organisms, Argentina has areas with a potential surplus of energy biomass, and from an agronomic perspective, it has suitable conditions for the development of the basic inputs which are necessary for the production of energy from biomass; also it has great potential and comparative advantages for the production of biofuels.

The aim of this work is to analyse the economic viability of obtaining lignocellulosic bioethanol, through corn stubble, considering that Argentina has had a consecutive increased in harvest and its yield. This shows the possibility of obtaining harvest stumps without damaging the soil's conditions and, at the same time, making it sustainable over the time, in order to obtain raw material and transform it into fuel.

The analysis has addressed the economic convenience to process and convert maize stubble into bioethanol, applying the criterion of forming productive complexes or joint venture.

The obtained results have demonstrated the existence of gross profit for the members of the productive complex, and they are considered as a valuable approximation to the production of bioethanol.

The methodology used for the analysis was based on the Monte Carlo simulation method, due to the available information published to date.

The conclusions reached in the current study are orientated to the economic side without taking into account the analysis of the productive process and an initial investment.

1-INTRODUCCIÓN

Los organismos internacionales están tomando con mucha seriedad el crecimiento de la demanda energética como consecuencia del crecimiento demográfico, y pronosticando que los países tendrán que afrontar las variaciones de los precios y posibles conflictos socio-económico generados por la necesidad del consumo energético.

Datos suministrados por World Population Prospects: The 2015 Revision(1), establece una proyección de crecimiento demográfico sostenido llegando 9725 millones de personas para el año 2050 y 11213 millones para el año 2100.

De los datos suministrados por el Banco Mundial, basados en Estadísticas de la IEA © OCDE/IEA, y “Key World Energy Statistics”(2) realiza un estudio de proyección y determinan que las perspectivas para los combustible hacia el año 2035 será de casi 18.000 millones de TOE o TEP. Este valor nos está indicando que el mundo va a necesitar, en términos de energía, un valor de 209340x 10¹¹ Kwh, para ese año.

Claramente, este crecimiento en la demanda de la energía no podrá ser satisfecho por el recurso finito y escaso del petróleo, por lo cual surge gran interés por los biocombustibles, los cuales podrán ayudar a sustentar la demanda.

Uno de los biocombustibles con mayor demanda en el mundo es el bioetanol. Actualmente, su producción está en base a productos que son utilizados para la alimentación humana y/o de animales, y ellos son los denominados biocombustibles de primera generación, las materias primas más utilizada son el maíz, trigo, caña de azúcar, sorgo, entre otros.

El desarrollo del biocombustible deberá satisfacer la demanda, y mantener la declaración de la seguridad alimentaria, y cumplir con la mejora del medio ambiente. En la última reunión celebrada en la ciudad de Paris en Dic/15 los países se comprometieron a bajar las emisiones de gases en un 40% para el año 2030.

Todos estos problemas dan una buena oportunidad para buscar energías alternativas; entre ellas, el estudio de los biocombustibles de segunda generación.

Las ventajas que tiene Argentina en residuos lignocelulósicos nos alienta a realizar un estudio de factibilidad económica para la producción del bioetanol lignocelulósico a partir del rastrojo de maíz y sorgo.

Para ello, los objetivos específicos de este trabajo están orientados a:

- ❖ Determinar una región con potencial para la instalación de una planta de producción de bioetanol, teniendo en cuenta la cantidad de materia prima disponible.
- ❖ Realizar un análisis de la factibilidad económica de la instalación de una planta procesadora de biocombustibles.
- ❖ Analizar y comparar la rentabilidad del bioetanol de segunda generación con respecto al precio del petróleo, y llegar a una conclusión de competitividad.

1-1 **Biocombustibles.**

Debemos aclarar que el etanol es un alcohol etílico, y se puede obtener de diferentes materias primas. El material lignocelulósico se encuentra en los residuos llamados rastrojo, que es considerado como materia prima alternativa, y el mismo está constituido por fibras de celulosas, hemicelulosa, y lignina, que a través de procesos de transformación por separado se obtiene el etanol de segunda generación.

1-1-2 **Características y Ventajas del Etanol Lignocelulósico**

Las diferentes bibliografías establecen como ventajas de la utilización del etanol en cualquiera de sus formas de obtención y materia prima utilizada como:

- ❖ Posee un alto octanaje y una gran solubilidad en la nafta.
- ❖ El etanol hídrico puede utilizarse como único combustible (sin mezclarlo con nafta) solamente en motores especialmente adaptados para su uso.
- ❖ Etanol anhidro puede ser mezclado con nafta en los vehículos convencionales. Las mezclas de baja proporción de etanol anhidro (5%) no requieren adaptación alguna,
- ❖ El uso con la mezcla reduce la producción de gases invernaderos
- ❖ Se utilizan para la generación de electricidad y calor
- ❖ No son fuentes de alimentos
- ❖ Se presupone que su costo será menor.

1-2 **Marco Legal en Argentina**

El Congreso de la Nación Argentina aprobó, en el año 2006, la Ley Nacional N° 26.093 de Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentable de Biocombustibles,

reglamentada por el Decreto 109/2007, e implementada en el año 2010. La ley establece los requisitos, para las empresas que vayan a participar del suministro a las petroleras del porcentaje de biocombustibles establecido por la Secretaría de Energía de la Nación.

1-3 Matriz Energética Argentina

Realizar una revisión y análisis de la matriz energética argentina nos dará una visión de la producción y el consumo de la energía, su crecimiento y distribución, considerando los diferentes factores, tales como el crecimiento demográfico, industrial y comercial.

Con estos datos se podrá analizar el uso racional de la energía y las oportunidades de generar energías renovables, que contribuyan a mejorar el medio ambiente y la disminución del CO₂.

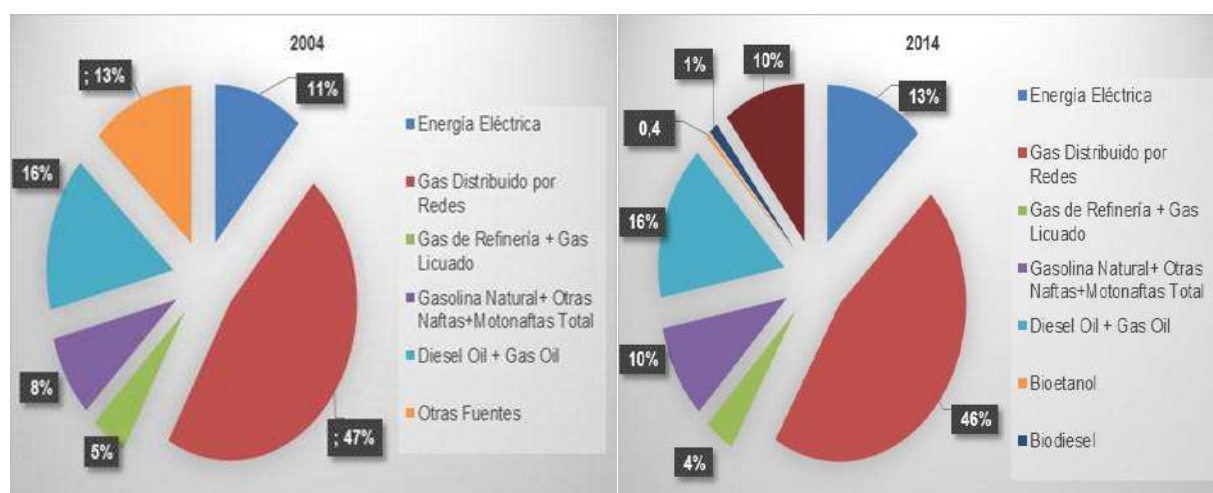
La matriz energética se construye en base a las energías primarias que posee un país, con sus respectivas transformaciones, para obtener las energías secundarias y calcular los consumos respectivos. Con esos datos la Secretaría de Energía de la Nación prepara los informes de los balances energéticos.

Considerando los datos publicados por las planillas BEN (Balance Energético Nacional (3), desde el año 2004 al 2014 se elaboran gráficos y tablas para observar el comportamiento de la matriz energética durante el período mencionado.

La variación de consumo en el período considerado se incrementó un 21.83%, desde el año 2004 al año 2014.

Para tener una visualización de la participación de las energías secundarias en el inicio y el final del período considerado, obtenemos el gráfico siguiente.

Gráfico 1: Comparación de la participación de las energías secundarias al inicio y final del período considerado



Fuente: Elaboración propia con datos de las planillas BEN de la Secretaría de Energía

En el año 2014 aparece en las estadísticas el bioetanol como consecuencia de la implementación de la ley de biocombustible, cabe aclarar que este bioetanol son los denominados de primera generación. Y su participación es pequeña debido al corto tiempo que la estadística lo ha empezado a considerar, como consecuencia de la implementación de la ley de biocombustible.

Si consideramos la proyección para el año 2025 de un consumo de naftas de 10000 millones de m³, y para cumplir con la proyección de la ley a un corte del 12%, esto implicaría un volumen para corte de 1200 millones de m³ de bioetanol.

Los datos incentivan a realizar un estudio de una factibilidad de producir etanol lignocelulósico y bajar el consumo de maíz para la obtención de bioetanol de primera generación y concentrar la producción de maíz principalmente para alimentos.

1-4 Disponibilidad de la Materia Prima en Argentina

Conocer la cosecha durante el período 2004-2015 nos dará una idea de la cantidad de rastrojo producido, dado que es un dato fundamental para conocer con qué cantidad de materia prima se cuenta para la obtención del bioetanol de segunda generación, y si el mismo es sustentable en el tiempo. Se analizó los dos granos principales para obtener la materia prima (rastrojo), maíz y sorgo para determinar

el comportamiento en el período considerando, y así poder determinar cuál de los dos granos es más sustentable en el tiempo para obtener la materia prima necesaria.

La producción de maíz durante el período 2004-2015 estuvo alrededor de los 255 millones de toneladas distribuidas en las zonas principales de acuerdo a la tabla 1, mientras que la producción del sorgo estuvo alrededor de los 37 millones.

.Tabla1 Producción de maíz en el período 2004-2015- Comparación Maíz-Sorgo

Zonas	Producción en Toneladas	Porcentaje de participación		MAÍZ	SORGO
Total País	254,389,047		Sembrado (ha)	101%	54%
Córdoba	92026760	36%	cosechado(ha)	98%	39%
Provincia de Buenos Aires	82514610	32%	Producción (tn)	126%	43%
Santa Fe	39362545	15%	Rendimiento (Kg/ha)	14%	3%
Entre Ríos	14673570	6%			

Fuente: Ministerio de Agroindustria de la Nación Argentina (MAGyP)(4)

Observar la tabla nos demuestra que hay suficiente materia prima para la obtención del bioetanol lignocelulósico. Como el maíz a crecido mucho más que el sorgo, y su rendimiento ha mejorado mucho más que el del sorgo, el trabajo se centra en el análisis del rastrojo del maíz.

2- Parte analítica

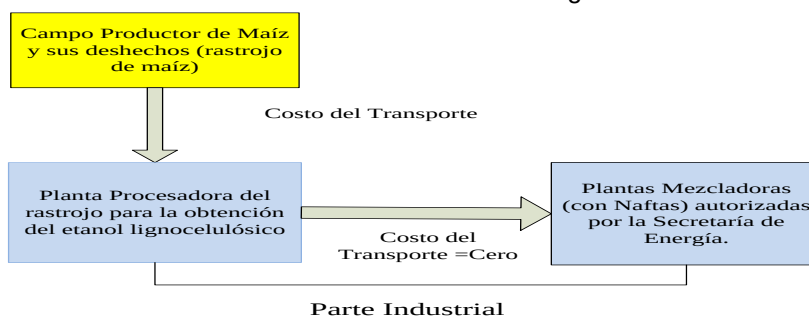
2-1 *Análisis de costos del etanol lignocelulósico en Argentina*

Para realizar un análisis detallado del costo de producción del etanol lignocelulósico a través del rastrojo de maíz, en nuestro país no hay experiencia en el mismo, y para soslayar estas dificultades, se buscaron datos que se asemejen al trabajo de recoger y transportar rastrojo de maíz a la planta procesadora.

Para dar lugar a las recomendaciones de NREL(5), se realiza la hipótesis de ubicar la planta procesadora cercana a las plantas mezcladoras autorizadas por la Secretaría de Energía de la Nación; y así plantear un Joint Venture con los integrantes de la cadena de valor, y así obtener un ahorro en la logística, considerando que en nuestro país la misma tiene una incidencia elevada.

La cadena de valor del bioetanol queda esquematizada según el gráfico siguiente:

Gráfico 2 Cadena de valor del Etanol Lignocelulósico



Fuente: Elaboración Propia

2-2 *Estimación del costo de la materia prima (rastrojo de maíz) en puerta de campo*

Como no se ha realizado un trabajo de muestreo, se llega a un valor hipotético realizando las siguientes consideraciones, desde el punto de vista del productor del grano.

El productor debe:

- ❖ Recuperar un porcentaje de los gastos incurridos en los nutrientes e insumos que efectuó en la siembra/cosecha;
- ❖ Calcular los costos de enfardado del rastrojo;
- ❖ Calcular el costo de transporte para entregar el rastrojo a la planta procesadora.

2-2-1 Estimación del costo de la materia prima (rastrojo de maíz) en puerta de campo

Para determinar los procedimientos y costos de confección de rollos de rastrosos se toman las experiencias de confección de rollos de pastura asumiendo que cada rollo pesa 450Kg, considerándose los valores expresados en la publicación “Cuantificación y uso de Biomasa de residuos de cultivos en Argentina para bioenergía” (6) Los pasos para confeccionar los rollos de rastrojo son: Preparación del rastrojo, corte, hilerado, enrollado.

a) Costos de enfardado de rastrojo= 25,17 U\$S/ rollo.

2-2-2 Costo de nutrientes

Para realizar el cálculo de éste costo se adquieren de los valores referenciales del informe INTA presentado en “Resultados Económicos del Maíz. Campaña 2014/15 (7)

En relación al uso agrícola de los suelos en Argentina, se puede pensar que los nutrientes extraídos por la producción del grano pueden ser repuestos principalmente por los fertilizantes, y la otra parte aportados por el suelo.

Se considera que la planta de maíz está compuesta por un 50% en grano y el 50% restante la componen el rastrojo, un porcentaje de éste queda en el suelo y otro porcentaje es extraído, con sus respectivos porcentajes de nutrientes.

Subsiguientemente, en base a lo expresado, los costos de reposición de nutrientes los podemos distribuir en un 75% por reposición del grano, y el otro 25% restante por reposición de extracción del rastrojo.

b) Recuperación de pérdidas de nutrientes = 17.75U\$S/ha

2-2-3 Análisis del costo del transporte

Se considera la cosecha de maíz, dentro de las provincias que poseen plantas mezcladoras autorizadas por la Secretaría de Energía de la Nación.

Tabla 2 Producción de maíz en provincias con plantas mezcladoras

PROVINCIA	PRODUCCIÓN EN TN COSECHA 2014-2015	PLANTAS MEZCLADORAS AUTORIZADAS POR LA S.E.
CÓRDOBA	11.667.100	1
BUENOS AIRES	8.893.434	11
SANTA FE	4.370.455	5
CHACO	577.060	2
TUCUMÁN	286.270	1

Fuente: Secretaría de Energía de la Nación y Ministerio de Agroindustria.

La tabla nos permite analizar en función de la producción del grano y las ubicaciones de las plantas mezcladoras autorizadas, cual es el lugar más conveniente de establecer la planta procesadora, considerando que el costo del transporte/logística en nuestro país es muy alto.

La Bolsa de Cereales de Buenos Aires ha diferenciado quince zonas PAS (Panorama Agrícola Semanal), de las cuales este trabajo analizó la Zona VII Núcleo Sur para determinar el costo del transporte expresado en U\$S/tn transportada, dado que en la ciudad de Junin se encuentran dos plantas mezcladoras, y la Provincia de Buenos Aires es la segunda productora del grano en el país.



Fuente: Elaboración propia.

En la Zona VII Núcleo Sur se han considerado solamente aquellas localidades que se encuentran en un radio de la distancia recomendada (80 km). Así, las localidades analizadas son Bragado, Chacabuco, Arenales, Junín, L. N. Alem, Pergamino, Rojas y Salto.

El costos de transporte se consideró por Km/Tn transportada (8), además se tomó en cuenta 30 Km para movimientos internos desde el campo hacia el centro de distribución de cada localidad.

c) Costo del transporte a planta mezcladora : 20,83U\$/tn

La suma de los tres componentes(a+b+c) nos da el Costo Total puesto en la Industria = 279U\$/ha

2.3 **Análisis del Precio del Bioetanol Lignocelulósico**

La misma dificultad que ya se comentó para determinar el costo del etanol lignocelulósico existe para determinar el precio mínimo de venta de este biocombustible; los precios publicados no desagregan su procedencia.

Por tal motivo, este trabajo busca, a través de la relación de precios de las dos materias primas primarias, petróleo y maíz, encontrar un parámetro hasta qué valores debe llegar el precio del petróleo y el precio de la tonelada de maíz para incentivar a la producción del bioetanol lignocelulósico en nuestro país.

2-3-1 **Análisis de los precios de las materias primas: Precio del Petróleo-Tonelada de Maíz**

La tabla publicada por el Index Mundi (9) nos permite realizar una proyección para poder encontrar una relación óptima entre litros de petróleo y litros de etanol equivalentes a tonelada de maíz.

Entonces, para encontrar un valor de precio mínimo de venta se ha empleado un método de simulación de valores proyectados: El Método de Montecarlo, aplicando la herramienta Minitab (10)

2-3-2 **Aplicación del método**

Se toman, como muestra, los valores del Precio del Petróleo Crudo Brent y Precio de la Tonelada de Maíz, extraídas del Index Mundi, y se realiza una simulación tomando 100.000 valores aleatorios para cada variable utilizando una distribución triangular y las cotas mínima, máxima y el valor del modo. Se toma, como ecuación de transferencia, el cociente Precio Petróleo Crudo Brent/Precio Tonelada de Maíz.

2-3-2-1 **Simulación de escenarios con datos de la simulación Montecarlo**

Con la distribución triangular aplicada se trabaja con los extremos de los triángulos, se los utiliza con el fin de establecer dos escenarios posibles para la obtención de un precio mínimo de venta del etanol.

Tabla 3: Valores extremos: valores del Petróleo y Tonelada de Maíz

	Precio del Barril de Petróleo expresados en U\$/barril	Precio de la Tonelada de Maíz expresado en U\$/tn
Máximo	133.85	331.85
Mínimo	38.08	103.04

Fuente: Elaboración propia.

Escenario 1: Se plantea el objetivo de analizar qué rentabilidad se obtendría tomando los datos de mínimo valor del barril del Petróleo, expresado en U\$/barril, y el máximo valor de la tonelada de Maíz, expresado en U\$/tn.

Tabla 4: Equivalencias de la tonelada de Maíz y el barril de Petróleo a litros

Escenario 1			
Precio Mínimo de Venta del Etanol	0.85 U\$/lt	Precio Equivalente de Petróleo	0.24U\$/lt

Fuente: Elaboración propia.

Escenario 2: Para este escenario se toma el máximo valor del barril del Petróleo expresado en U\$/barril, y el mínimo valor de la tonelada de Maíz expresado en U\$/tn.

Tabla 5 Equivalencias de la tonelada de Maíz y el barril de Petróleo a litros para el escenario 2

Escenario 2			
Precio Mínimo de Venta del Etanol	0.27 U\$/lt	Precio Equivalente de Petróleo	0.84 U\$/lt

Fuente: Elaboración propia.

2-3-2-2 Consecuencia de los escenarios

El análisis nos da elementos para expresar que el escenario 1 es el más aconsejable. Pero nos encontramos con el inconveniente que este escenario no cumple con las recomendaciones para producirlo, dado que el precio del petróleo considerado está por debajo del precio del etanol.

El escenario 2 cumple con la condición que el precio del litro de petróleo está por encima del precio del etanol, pero el precio de la tonelada de maíz es bajo para incentivar la cosecha del grano y, en consecuencia, no incentiva la producción del bioetanol.

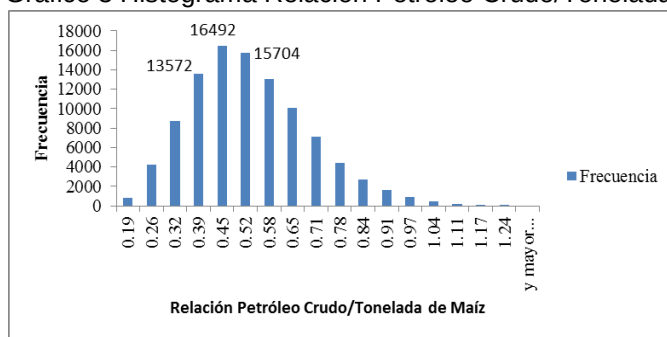
Estos nos llevan a plantear un tercer escenario para encontrar una relación óptima entre el valor del petróleo y tn de maíz, con el fin de alcanzar un precio mínimo de venta del biocombustible, que llegue a ser competitivo, sustentable en el tiempo, y obtener una rentabilidad positiva.

Con el histograma, realizamos un análisis complementario con una distribución normal; con ello logramos los datos estadísticos descriptivos y, por último, se realiza una prueba de hipótesis para construir el escenario 3.

2-4 Planteamiento de un nuevo escenario

Con los datos de la simulación se incorpora al programa y el resultado obtenido construye los valores con mayor frecuencia y su gráfico correspondiente.

Gráfico 3 Histograma Relación Petróleo Crudo/Tonelada de Maíz



Fuente: Elaboración propia según datos de la simulación de Montecarlo.

Este histograma nos indica que el valor de 0.45 es la relación entre las dos materias primas que demuestra mayor frecuencia.

2-4-1 Análisis complementario

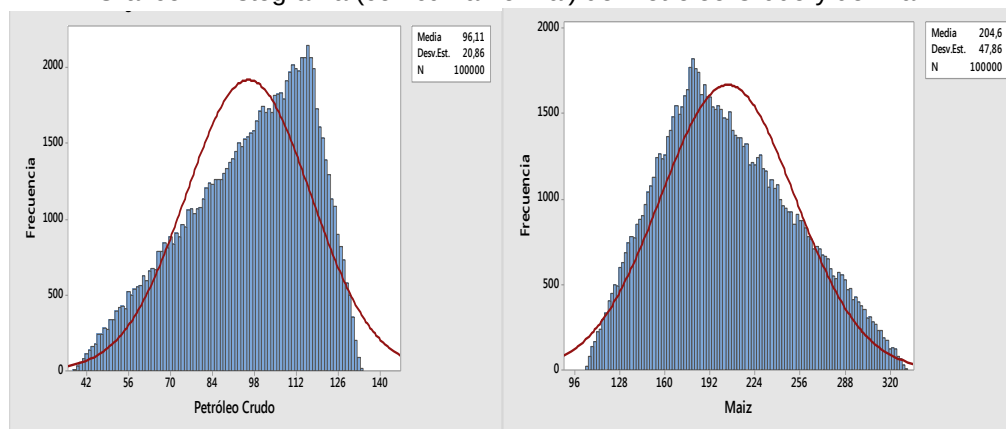
Es necesario realizar un ajuste a los valores obtenidos de las frecuencias halladas para el petróleo, el maíz y la relación entre ambos, con una distribución normal para acotar más los valores.

2-4-1-1 Análisis complementario del Petróleo Crudo

Con todos los datos de la muestra (100.000) se ajustan los precios del barril de petróleo y la tonelada de maíz de acuerdo a la frecuencia que presenta el histograma.

Para el caso del petróleo, los precios con mayores frecuencias han oscilado entre los 111,31 a 122,58 U\$S/ barril. Se realiza un ajuste de los valores en función de la frecuencia de los mismos, aplicando una distribución normal:

Gráfico 4 Histograma (con curva normal) del Petróleo Crudo y del Maíz



Fuente: Elaboración propia.

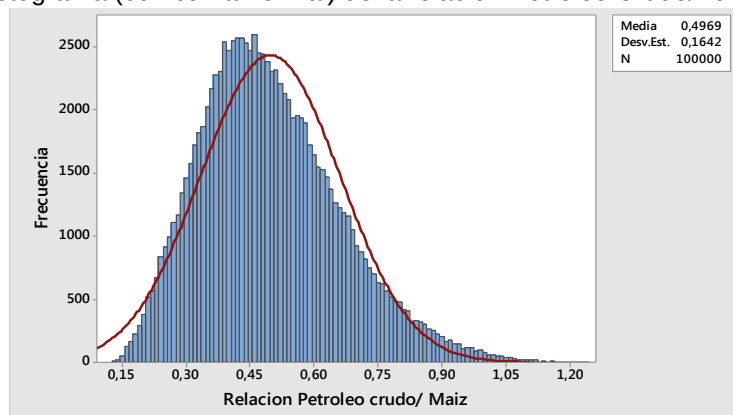
Para el caso del maíz se aplica el mismo concepto, se ajustan los precios de la tonelada de maíz que en el histograma demostró que oscilan entre 170,34 a 197,26 U\$S/tn.

2-4-1-2 Análisis complementario de la relación Petróleo Crudo/Maíz

Análogamente, se aplica el mismo concepto que en el punto anterior, pero en este caso se toma la relación de petróleo crudo/tonelada de maíz. El histograma demostró que la relación oscila entre los valores de 0,39 a 0,52.

A estos datos se le aplica una distribución normal y se obtiene el siguiente gráfico:

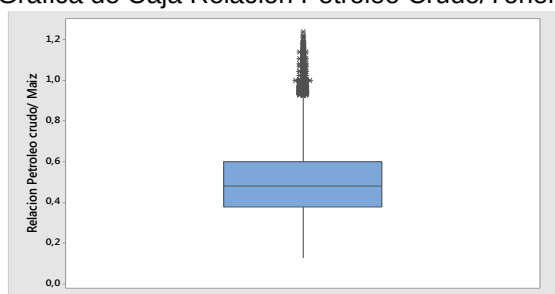
Gráfico 5: Histograma (con curva normal) de la relación Petróleo Crudo/Tonelada de maíz



Fuente: Elaboración propia.

Se analiza la distribución normal, a través de la gráfica de caja para la relación entre las dos materias primas:

Gráfica 6: Gráfica de Caja Relación Petróleo Crudo/Tonelada de Maíz



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico de Box Plot nos está demostrando que en el primer cuartil Q_1 los valores de la relación entre las materias primas se encuentran en 0,39 representando el 25% de la muestra; el segundo cuartil Q_2 representa el 50% de la variable y se encuentra dentro de los valores de 0,49; y el tercer cuartil Q_3 representa el 75% de los valores de la muestra, cuyo valor se encuentra en 0,58.

2-4-1-3 Datos estadísticos descriptivos

Se construyen los datos estadísticos descriptivos relacionando las variables Petróleo Crudo-Maíz-Relación entre Petróleo Crudo/Tonelada de Maíz.

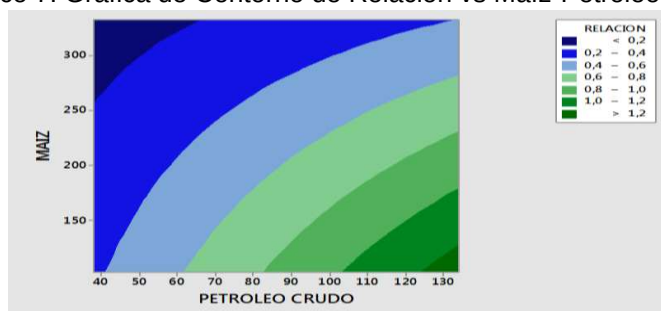
Tabla 6 Datos estadísticos descriptivos: Petróleo Crudo-Maíz-Relación Petróleo Crudo/Maíz

Variable	Mínimo	Q1	Media	Desviación Estándar	Variable	Mediana	Q3	Máximo	Desviación Estándar
Petróleo Crudo	38,076	81,444	96,115	20,864	Petróleo Crudo	99,412	113,11	133,847	92,382
Maíz	103,04	168,75	204,64	47,86	Maíz	199,51	331,85	331,85	179,166
Relación Petróleo Crudo/Tonelada de Maíz	0,12730	0,37823	0,49694	0,16420	Relación Petróleo Crudo/Tonelada de Maíz	0,47813	0,59792	1,23	

Fuente: Elaboración propia.

2-4-1-4-Prueba de hipótesis- Diseño Factorial Completo-Gráfico de Contorno

Gráfico 7: Gráfica de Contorno de Relación vs Maíz-Petróleo Crudo



Fuente: Elaboración propia.

A partir de las consideraciones realizadas con el gráfico de cubos (medias ajustadas) de relación, y con el gráfico de contorno, podemos determinar que las zonas más alentadoras para la producción del bioetanol se logran en la relación de materias primas que se encuentra entre 0,2-0,4 0,4-0,6 0,6-0,8.

2-4-1-5 Estimación del precio óptimo del bioetanol lignocelulósico

El análisis estadístico complementario realizado nos permite tener una visión entre cuáles valores se deben cotizar las dos materias primas y la relación entre ellas para obtener un precio mínimo de venta del etanol lignocelulósico, y a su vez, que represente una rentabilidad para los productores y plantas transformadoras.

Tabla 8: Resumen de los valores que hacen rentable la producción del bioetanol lignocelulósico

	Media	Mediana	Máximo	25% de la muestra	75% de la muestra
Petróleo	96	99	134	81	113
Maíz	205	199	332	169	332
Relación Barril de Petróleo/Tonelada de Maíz	0,60	0,50	0,80	0,37	0,59

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del análisis complementario.

2-4-1-6 Construcción del Escenario 3

Para construir el escenario 3 se trabaja con los valores de la mediana, que toma un valor de relación de 0,48, obtenidos de los datos estadísticos descriptivos, donde la tonelada de maíz toma el valor de 199,51 U\$/tn, y la mediana del barril de petróleo adquiere el valor de 99,412 U\$/barril. El escenario sería el siguiente:

Tabla 7: Precios de las Materias Primas y sus relaciones, según datos estadísticos descriptivos

	Datos Estadísticos Descriptivos		Datos Estadísticos Descriptivos
Precio del Barril de Petróleo en U\$/barril	99.412	Precio del Litro de Petróleo en U\$/lt	0.62
Precio de la Tn de Maíz en U\$/tn	199.51	Precio del Litro de Etanol en U\$/lt	0.51
Relación Petróleo/Maíz	0.48	Relación Petróleo/maíz	0.48

Fuente: Elaboración propia según datos estadísticos descriptivos.

A prima facie, el escenario es alentador desde los dos puntos de vista: el valor del litro de petróleo es mayor que el litro de etanol, y el valor que se cotizaría la tonelada de maíz también favorece al productor, ya sea para cosechar el grano, como para producir bioetanol de segunda generación.

El escenario 3 cumple con las condiciones que se proyectan: aumento del barril del petróleo, acomodamiento del valor de la tonelada de maíz.

3- Resultados

Con los datos obtenidos en cada escenario, se construye la tabla “Costos y Márgenes” para analizar la rentabilidad económica que puede llegar a obtener el complejo productivo.

La tabla 8 está conformada en tres bloques principales: costos en el campo, ingresos y márgenes. Los datos para construir el bloque “Costos en el campo”, se calculó los costos de materia prima, pérdidas de nutrientes y costos de transporte.

En la columna “Rastrojo de maíz seco”, los valores de rollos/ha se establecen los valores que oscilan entre 350 a 450 Kg/rollo, y se realizó los cálculos de rastrojo seco que se puede retirar del campo sin perjudicar la salubridad del suelo.

En el bloque “Ingresos” los factores de conversión para el rastrojo de maíz se calcula que por cada tonelada de rastrojo seco se obtendrán 268 lts de etanol lignocelulósico. Y el valor del Etanol, se obtiene de los datos calculados con la simulación de Monte Carlo.

El bloque “Márgenes” es la diferencia entre ingresos menos egresos. Los costos que se han tenido en cuenta corresponde al año 2015, y actualizados al año 2016.

Tabla 8: Costos y Márgenes por Hectárea

		EN US\$/ha					
		MAIZ GRANO SECO	RASTROJO MAIZ SECO	US\$/rollo	US\$/tn	US\$/litro	
Costos en el campo	RINDE ESTIMADO PROMEDIO 2003-2014 EN ESTADO SECO	tn/ha					
	rollo	kg/roll					
	rollos/ha						
	COSTOS						
	Costos de implantacion						
	Costo oportunidad de la tierra						
	Gastos de Cosecha						
	Gastos de flete-secada y comisiones						
	Costo pérdida de nutrientes						
	Costos enrollado rastrojo	US\$/rollo					
Ingresos	total costos en el campo						
	Costos de transporte (promedio z	US\$/tn					
	TOTAL DE COSTOS (puesto en la industria)						
Ingresos	INGRESOS						
	Factor de conversion a Etanol	litros/tn					
	Total de litros de Etanol producidos	lts					
	Valor del Etanol (según Simulación)	US\$/lts					
Margen	ingresos						
	MARGEN						
Margen	Ingresos - Costos	US\$/ha					

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 9: Márgenes de Utilidad considerando simulación Monte Carlo-Costos 2016

	Rendimiento Tn/ha	Precio de Venta según Montecarlo US\$/lts	INGRESOS US\$/ha	MARGEN US\$/Ha	Margen US\$/tn	Margen US\$/litro	Porcentaje de Utilidad en US\$/lt
Año 2016 Escenario 1	Promedio	0.85	774.52	532.44	156.60	0.58	220%
	Máximo		851.97	586.78	156.89	0.59	221%
	Mínimo		713.01	489.28	156.32	0.58	219%
Año 2016 Escenario 2	Promedio	0.27	246.02	3.94	1.16	0.00	2%
	Máximo		270.63	5.44	1.45	0.01	2%
	Mínimo		226.49	2.75	0.88	0.00	1%
Año 2016 Escenario 3	Promedio	0.51	464.71	222.63	65.48	0.24	92%
	Máximo		511	245.99	65.77	0.25	93%
	Mínimo		427.81	204.08	65.20	0.24	91%

Fuente: Elaboración Propia a partir de datos de la Simulación de Monte Carlo.

De acuerdo a los cálculos realizados y resumido en la Tabla 9, se puede observar que en todos los escenarios los márgenes son alentadores, pero estos altos rendimientos hay que tener en cuenta que no se ha tenido en cuenta el proceso de transformación.

4- CONCLUSIONES

Durante mucho tiempo, los problemas que afectaban al mundo tenían un eje común y estaban interrelacionados entre sí: la energía, los alimentos y el cambio climático.

La experiencia de los años anteriores demuestra que en la planificación de la energía y de los alimentos que han desarrollado los países no existía una interrelación sino todo lo contrario, y en muchas oportunidades se han creado barreras entre las mismas. Esta visión no integrada de los países en planificar y gestionar los recursos ha traído, como consecuencia, un problema directo a la población, debido a que si hay escasez de un elemento puede causar directamente la carencia de producción del otro.

Todos estos factores han hecho que los especialistas del mundo en energías, alimentación y densidad poblacional conformaran una sinergia entre ellos considerando al problema como un vector denominado vector del desarrollo, para mitigar las problemáticas que aquejan al mundo: matriz energética, medio ambiente, alimentación y sustitución de combustibles fósiles.

Al haber realizado el análisis de este vector, se demuestra que hay varios factores que entran en juego con el fin de determinar la problemática en forma conjunta que afronta hoy en día el mundo, para lograr que los países puedan desarrollarse sustentablemente.

Este trabajo se centró en la investigación del etanol lignocelulósico, considerando dos ejes fundamentales: no seguir creando conflictos con los intereses de la alimentación y analizarlo como elemento sustituto de las naftas, dado que, según las proyecciones para nuestro país, el consumo de naftas tendrá un crecimiento mayor al 100 % para el año 2025.

Se ha demostrado que Argentina es muy dependiente de las energías no renovables, ya que se necesita importar petróleo para abastecer la demanda actual; el crecimiento proyectado del consumo de naftas hace necesario analizar la posibilidad de obtener etanol lignocelulósico, para las mezclas y así disminuir la importación de petróleo, hecho que favorecerá a la economía del país, a la eficiencia energética, y posibilitará la diversificación de la matriz energética. Todo esto contribuirá al cumplimiento en mejorar el medio ambiente, según los compromisos firmados por nuestro país.

El estudio exploratorio acerca de la factibilidad económica de obtener etanol a través del rastrojo de maíz, se ha demostrado nuestra fortaleza con respecto a la producción del grano, con su respectivo rastrojo.

Se trabajó con datos de producción de maíz, acotándolo a la zona denominada Zona VII, por el motivo que esta zona se encuentra la localidad de Junín, la cual posee planta mezcladora en la actualidad; también cumple con la recomendación que dicha planta se encuentre dentro de un radio óptimo de la puerta de campo.

Se han respetado los conceptos para mantener la salubridad del suelo; así, para los cálculos realizados del total de rastrojo producido sólo se retira el 50%.

En relación al costo del transporte, la cantidad de rastrojo retirado y los costos de reposición de nutrientes se llegó a un costo del rastrojo puesta en puerta de campo.

Para determinar un precio mínimo de venta se utilizó la relación de precios de las materias primas maíz y petróleo. Las herramientas estadísticas, como la simulación de Montecarlo, con distribución normal, ajustando los valores con análisis complementarios y prueba de hipótesis, fueron empleadas para obtener un valor de referencia.

Se trabajó con tres escenarios posibles, y el escenario más alentador para la producción del bioetanol lignocelulósico encontró que el precio mínimo de venta debería estar dentro del rango de los 0,51 U\$/lts, con un porcentaje de utilidad del orden del 92%, con costos referidos al año 2016.

Se puede establecer que la rentabilidad de la obtención del biocombustible de segunda generación depende, principalmente, del Precio de la Tonelada de Maíz, en un segundo plano, pero no por ello menos importante, del Precio del Barril de Petróleo y la relación existente entre las dos materias primas

Nuestro país cuenta con ventaja comparativa natural, abundancia de recursos, tierras ricas para la producción agrícola, mano de obra calificada, mucho potencial para la innovación. Todas estas virtudes nos permiten pensar en una planificación sostenible a largo plazo para la obtención de bioetanol de segunda generación.

Por último, por ser un estudio exploratorio, el cual intentó mostrar, en forma preliminar, la factibilidad económica de obtención de etanol de segunda generación en nuestro país, con los resultados obtenidos se puede asumir que es factible producir bioetanol procedente del rastrojo de maíz.

Bibliografía

- (1) NACIONES UNIDAS [en línea]. New York: World Population Prospects: The 2015 Revision [fecha de consulta: 3 febrero 2016].
- (2) BANCO MUNDIAL [en línea]. Argentina: Datos Energía y Minería [fecha de consulta: 3 febrero 2016]. Disponible en: http://datos.bancomundial.org/tema/energia-y-mineria?cid=EXT_BoletinES_W_EXT
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY [en línea]. Estadísticas de la AIE © OCDE/AIE [fecha de consulta: 4 febrero 2016]. Disponible en: <http://www.iea.org/statistics/>
- (3) REPÚBLICA ARGENTINA SECRETARÍA DE ENERGÍA [en línea]. Balance Energético Nacional [fecha de consulta: 4 febrero 2016]. Disponible en: http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/publicaciones/energia_en_gral/balancesenergeticos2007/Texto/BEN.pdf
- (4) DATOS DE LA DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN AGRÍCOLA Y FORESTAL [en línea], Argentina [fecha de consulta: 12 marzo 2016]. Disponible en: http://www.siiia.gob.ar/sst_pcias/estima/estima.php
- (5) NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY, en español, Laboratorio Nacional de Energía Renovable [en línea]. Departamento de Energía, EEUU [fecha de consulta: 2 enero 2016]. Disponible en: <http://www.nrel.gov/>
- (6) MENÉNDEZ, JULIO E.; HILBERT, J. A. 2013. *Cuantificación y uso de Biomasa de residuos de cultivos en Argentina para bioenergía*, Buenos Aires: INTA. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-cuantificacion_y_uso_de_biomasa_de_residuos_de_c.pdf
- (7) GHIDA DAZA, C. [en línea], *op. cit.*
- (8) CONFEDERACIÓN ARGENTINA DEL TRANSPORTE AUTOMOTOR DE CARGAS – CATAC [en línea]. Argentina [fecha de consulta: 3 abril 2016]. Disponible en: <http://www.catac.org.ar/tarifas.aspx>
- (9) INDEX MUNDI [en línea]. Índices de precios [fecha de consulta: 3 enero 2016]. Disponible en: <http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=petroleo-crudo-brent&meses=120&mercancia=maiz>
- (10) MINITAB [en línea]. 2016. Minitab Statistical Software. Disponible en: <https://www.minitab.com/es-mx/>

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, por su esfuerzo y el apoyo a los docentes para mejorar nuestro nivel personal y a través de ello mejorar el nivel académico de la Facultad, teniendo al Sr. Decano Dr. Ing. Oscar Manuel Pascal como impulsor principal.

A los Doctores Ingeniero Amílcar Arzubí, Luis Bertoia por sus aportes y sugerencias para la elaboración de este trabajo.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería de la UNLZ que forman parte del Instituto de Investigaciones de Tecnología y Educación, y al Instituto Tecnológico para la Calidad por sus aportes para la conformación del presente trabajo.

La crisis de Santa Cruz, consecuencias no deseadas de la economía de renta

Ruben Mario Lurbe

Director de Departamento de Ingeniería Industrial UTN-FRSC

Prof. UNPA -UARG

Avda. De los Inmigrantes 555 - 9400. Río Gallegos

RESUMEN

La provincia de Santa Cruz ha sido especialmente favorecida durante el período 2012 - 2015 con aportes extraordinarios, solo dependientes de la voluntad presidencial. Durante el período de estudio, la presidencia de la República Argentina fue ejercida, a lo largo de tres periodos presidenciales, por Nestor Kirchner y Cristina Fernández, ambos provenientes de la mencionada provincia.

Terminado el período de análisis, la provincia se vió sumida en un crisis fiscal muy profunda cuyas causas analizamos en el presente artículo, con especial mención al estudio de las transformaciones económicas del período y mirando a teoría de la economía de la renta.

Palabras Claves: Crisis, Crecimiento, Renta ,Equilibrio fiscal.

ABSTRACT

The province of Santa Cruz has been especially favored during the period 2012 - 2015 with extraordinary contributions, only dependent on the presidential will. During the period of study, the presidency of the Argentine Republic was exercised over three presidential periods by Nestor Kirchner and Cristina Fernández, both from that province.

After the period of analysis, the province was plunged into a very deep fiscal crisis whose causes we analyze in this article, with special mention to the study of the economic transformations of the period and looking at the theory of the economy of income.

Key Words: Crisis, Growth, Income, Fiscal balance.

1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se propone analizar los cambios recientes en la economía de Santa Cruz, la que se encuentra sumida en una grave crisis fiscal, y con severos problemas de empleo.

El trabajo se propone analizar las fuentes del problema enfocados en la cuestión fiscal y analizar el impacto de los precios del petróleo en el problema.

Durante el gobierno de los presidentes Nestor Kirchner y Cristina Fernández, la provincia de Santa Cruz se vio fuertemente favorecida en las políticas de inversión pública, y por el ciclo de altos precios de hidrocarburos, y se ha producido la superposición de la terminación de ambos efectos generando una crisis económica de proporciones en la provincia.

Detrás de esto esta la llamada economía de la renta, la que se produce cuando los ingresos son producto de la percepción de una renta y no de las acciones de los actores económicos.

Para ello realizaremos una análisis de la fuentes secundarias disponibles

2 METODOLOGÍA

Se analizaran las fuentes secundarias disponibles que aporten información sobre transferencias de la Nación a las provincias y las series de precios de hidrocarburos y de producción en Santa Cruz.

2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ECONOMÍA DE SANTA CRUZ

Para comprender la estructura económica de Santa Cruz tomaremos de Martínez Llana (2011) la distribución de los agregados del producto de la provincia en el período 1993 – 2009 que se muestra en las figuras 1 y 2.

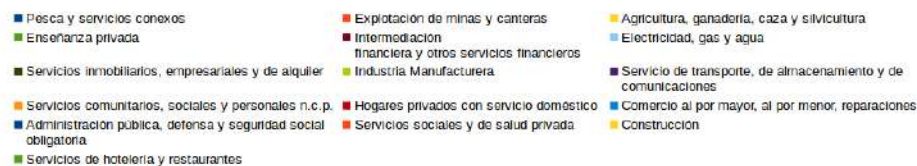


Fig 1 Distribución de los agregados del PBG año 1993¹

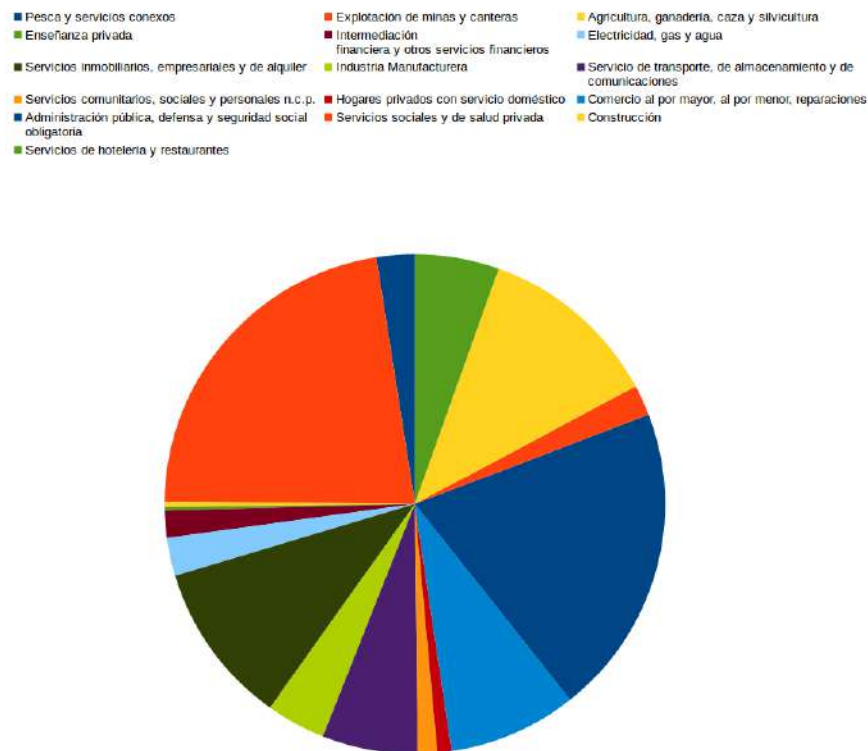


Fig 2 Distribución de los agregados del PBG año 2009²

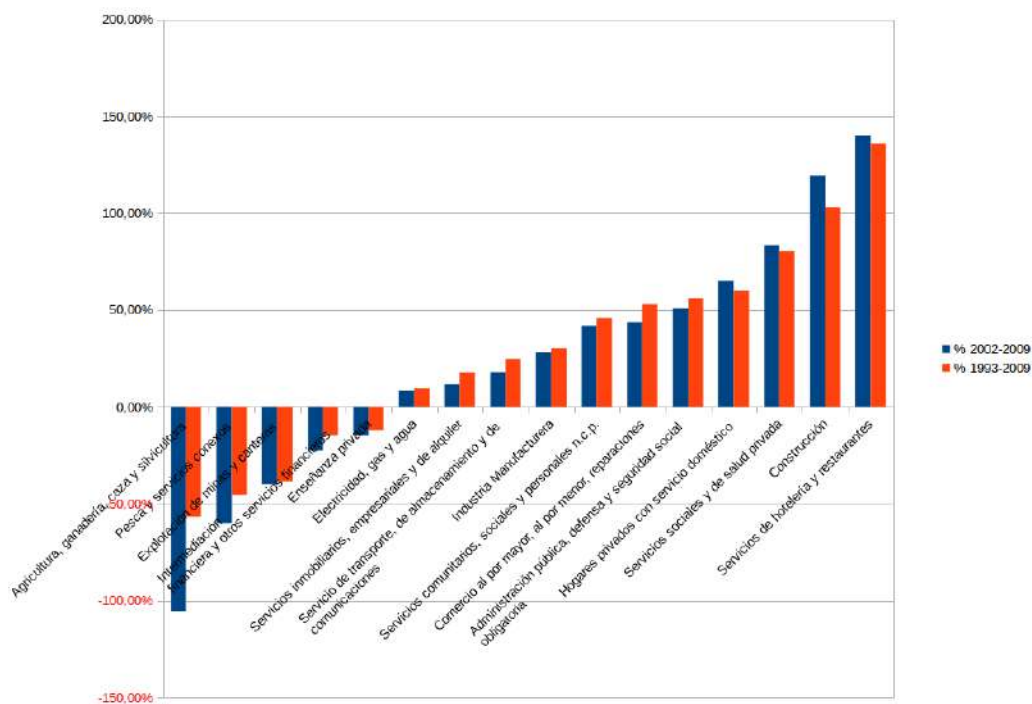


Fig 3 Variaciones del PBG ³

¹ Elaboración propia con datos de Martínez Llana (2011)

² Elaboración propia con datos de Martínez Llana (2011)

³ Elaboración propia con datos de Martínez Llana (2011)

Merecen destacarse las variaciones relativas de los periodos de 2002-2009 en los que se nota una gran pérdida de peso relativo de los agregados Agricultura, Pesca y Explotación de minas y canteras y el gran crecimiento de los Agregados Servicio de Hotelería y restaurantes y construcción.

	% 2002-2009
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	-105,33%
Pesca y servicios conexos	-60,00%
Explotación de minas y canteras	-39,88%
Intermediación financiera y otros servicios financieros	-22,61%
Enseñanza privada	-14,81%
Electricidad, gas y agua	8,39%
Servicios inmobiliarios, empresariales y de alquiler	11,55%
Servicio de transporte, de almacenamiento y de comunicaciones	17,88%
Industria Manufacturera	28,10%
Servicios comunitarios, sociales y personales n.c.p.	41,89%
Comercio al por mayor, al por menor, reparaciones	43,84%
Administración pública, defensa y seguridad social obligatoria	51,03%
Hogares privados con servicio doméstico	65,15%
Servicios sociales y de salud privada	83,33%
Construcción	119,28%
Servicios de hotelería y restaurantes	140,15%

Fig. 4 variación de la participación relativa de los agregados en el PBG⁴

Si analizamos la variación porcentual de cada agregado en el período, y considerando un crecimiento del producto del 153% se destacan entre los agregados de mayor crecimiento Hotelería y restaurantes con el 662 % , servicios sociales y salud privada con el 505%, luego construcción con el 480%, y administración pública con el 259%. Los de menor crecimiento fueron ganadería y pesca con una fuerte disminución de la importancia relativa del sector Minas y canteras, que en Santa Cruz es particularmente gas y petróleo.

En la figura 5 vemos la variación porcentual de cada agregado en el periodo 1993/2009 y el el período 2002/2009.

Es interesante observar que en el período 2002/2009 se dan dos fenómenos simultáneos, la llegada del matrimonio Kirchner al poder y la explosión del turismo en el Calafate, producto de la inauguración unos años antes del aeropuerto y de la publicidad que importó que el presidente Kirchner invitara a personalidades políticas extranjeras a visitar el lugar. Esto puede explicar en parte el crecimiento del agregado "Servicios de hostelería y restaurantes".

El agregado Construcción se ve fuertemente impulsado por la fuerte inversión pública que se produjo en la provincia durante período analizado.

⁴ Fuente elaboración propia con datos de Martínez Llana (2011)

Agregados	1993/2009
Servicios de hotelería y restaurantes	662,15%
Servicio Sociales y Salud Privada	505,39%
Construcción	480,40%
Hogares privados con servicio doméstico	375,22%
Administración pública, defensa y seguridad social oblig	259,43%
Comercio al por mayor, al por menor, reparaciones	253,86%
Servicios comunitarios, sociales y personales ncp	236,72%
Industria Manufacturera	217,47%
Servicio de transporte, de almacenamiento y de comunic	186,61%
Electricidad, gas y agua	181,05%
Servicios inmobiliarios, empresariales y de alquiler	180,76%
PBG	153,51%
Intermediación financiera y otros servicios financieros	121,06%
Enseñanza privada	112,75%
Explotación de minas y canteras	42,42%
Pesca y servicios conexos	-11,99%
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	-21,45%

Agregados	2002/2009
Construcción	288,81%
Servicios de hotelería y restaurantes	285,96%
Administración pública, defensa y seguridad social oblig	217,82%
Servicios comunitarios, sociales y personales ncp	210,56%
Servicio de transporte, de almacenamiento y de comunic	185,87%
Comercio al por mayor, al por menor, reparaciones	183,84%
Intermediación financiera y otros servicios financieros	180,13%
servicio sociales y salud privada	163,77%
Industria Manufacturera	156,30%
Hogares privados con servicio doméstico	155,39%
Servicios inmobiliarios, empresariales y de alquiler	119,39%
PBG	83,55%
Electricidad, gas y agua	57,56%
Enseñanza privada	47,35%
Explotación de minas y canteras	-6,13%
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	-13,10%
Pesca y servicios conexos	-41,48%

Fig. 5 Variación de los agregados en el período analizado⁵

⁵ Elaboración propia con datos de Martínez Llana (2011)

2.2 LOS CAMBIOS DE LA DÉCADA KIRCHNERISTA

Durante los períodos presidenciales de los Santacruceños Néstor Kirchner y Cristina Fernández, la provincia vivió un fuerte proceso de crecimiento, a través de la gran inversión en obra pública, construcción y el crecimiento de la administración pública, para ello utilizaremos el aporte de Muñoz, F y Trombetta, M (2015), el que proponen el Indicador Sintético de Actividad Provincial (ISAP), como herramienta para analizar la actividad en las provincias, cubriendo una ausencia de información importante para analizar las diferencias regionales.

En el cuadro siguiente, se muestra el crecimiento acumulado por provincia según el ISAP, en el que se nota el fuerte crecimiento de la provincia de Santa Cruz, que supera en mas de 3 veces el crecimiento promedio del país en el período 1997-2014, situación que no podemos dejar de considerar como ligada al hecho de que en el período analizado se sucedieron tres presidencias santacruceñas.

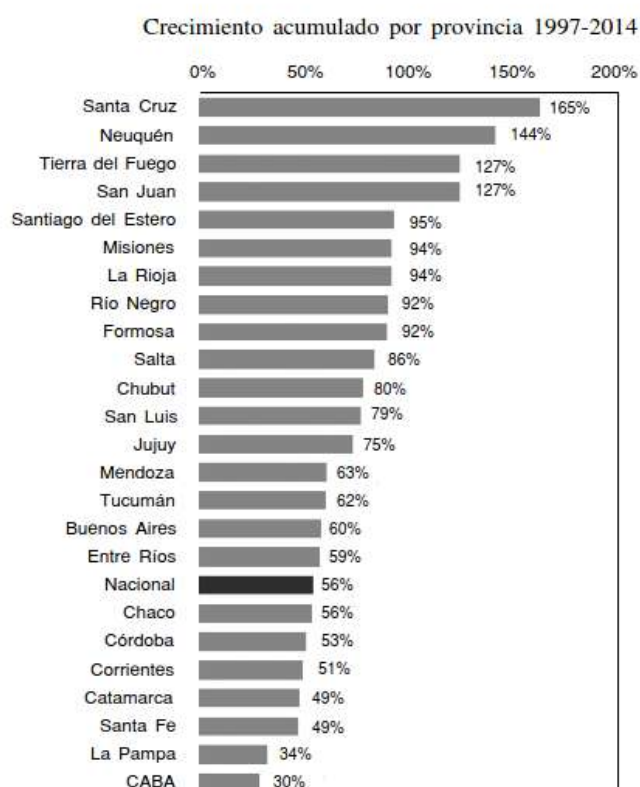


Fig. 6 crecimiento acumulado por provincia 1997/2014⁶

En este punto no podemos dejar de analizar que el crecimiento fue consecuencia, entre otros cosas de la gran inversión realizada por el gobierno nacional en Santa Cruz, la que en términos de inversión per cápita superó ampliamente a todos los otros distritos.

Es interesante analizar como ejemplo solamente lo acontecido en la año 2011 con los ingresos provinciales:

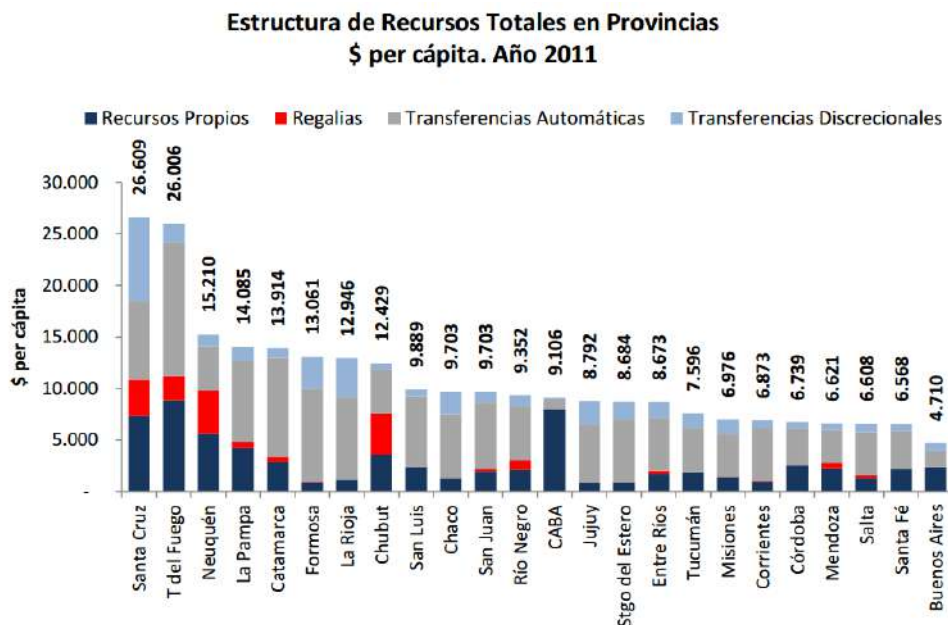
“Si bien puede justificarse que por fines redistributivos la inversión pública por habitante resulte superior en algunas jurisdicciones que en otras, por ejemplo, que sea mayor en provincias más pobres, o superior en jurisdicciones con menor densidad poblacional (por sus diseconomías de escala), las diferencias observadas entre provincias en Argentina parecen ir más allá de lo razonable, especialmente cuando se tiene en cuenta que junto a las jurisdicciones de altos ingresos que reciben menor inversión

⁶ Muñoz, F y Trombetta, M (2015)

pública (Buenos Aires, Santa Fe, Mendoza y Córdoba) se mezclan algunas provincias de bajos ingresos, como Corrientes, Tucumán y Salta.....

Las diferencias observadas en la IRD pública per cápita entre provincias en el período 2003-2011 (la primera 23 veces mayor a la última jurisdicción en el ranking) son inclusive mucho mayores que las distancias existentes en los recursos per cápita con que cuenta para gastar cada provincia. La provincia con más recursos para gastar en 2011 (Santa Cruz) representa casi 6 veces los ingresos existentes en la jurisdicción con menores recursos públicos por habitante (Buenos Aires). Además, la segunda jurisdicción (Tierra del Fuego) prácticamente se encuentra a la par que Santa Cruz, provincia que recibió elevadas transferencias discrecionales desde la Nación.⁷

Se nota claramente en la estructura de recursos totales de las provincias la gran importancia de las transferencias discrecionales a la provincia de Santa Cruz



Fuente: IERAL de Fundación Mediterránea en base a datos del MECON-DNCFP.

Para ello tomamos de Capello, M y Diarte, G (2013) el gráfico de la inversión real directa por habitante

⁷ Capello y Diarte (2013)

**Estructura Financiamiento Inversión Real Directa
Ejecutada por Gobiernos Provinciales
Acumulado 2003-2011 - \$ per cápita - A precios de 2011**

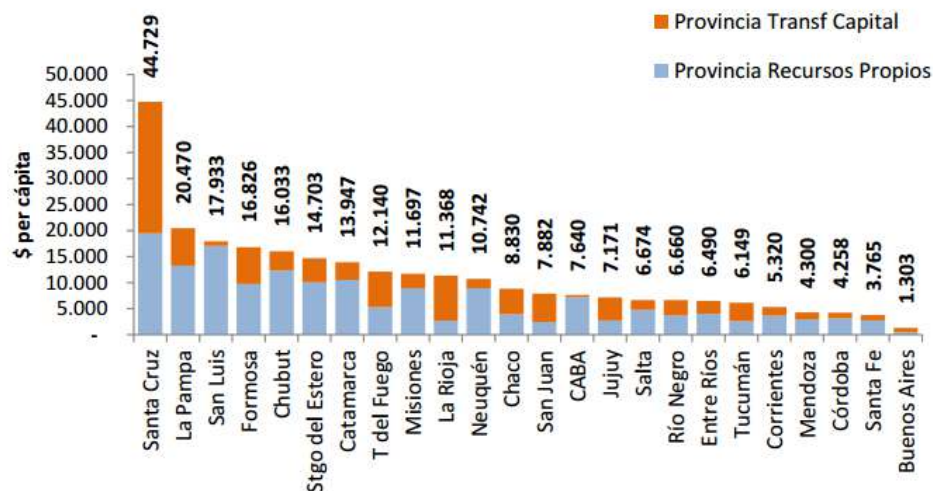


Fig. 7 Fuente Capello, M y Diarte, G (2013)

Se destaca fuertemente en el gráfico la importancia de inversión pública provincial con recursos transferidos por la nación.

1. LOS INGRESOS PROPIOS

Los ingresos propios de la provincia de Santa Cruz han estado sustentados por las regalías de petróleo y gas. Ambos en el período han sufrido caídas por efecto de la acumulación de dos efectos, la disminución de la producción y la caída de los precios internacionales, si bien el precio sostén fijado para el mercado interno mitigó este último efecto.

Tal como se muestra en la fig 7 en los años de 2011 a 2017 se observa una clara tendencia a la disminución de la producción de petróleo en la provincia.

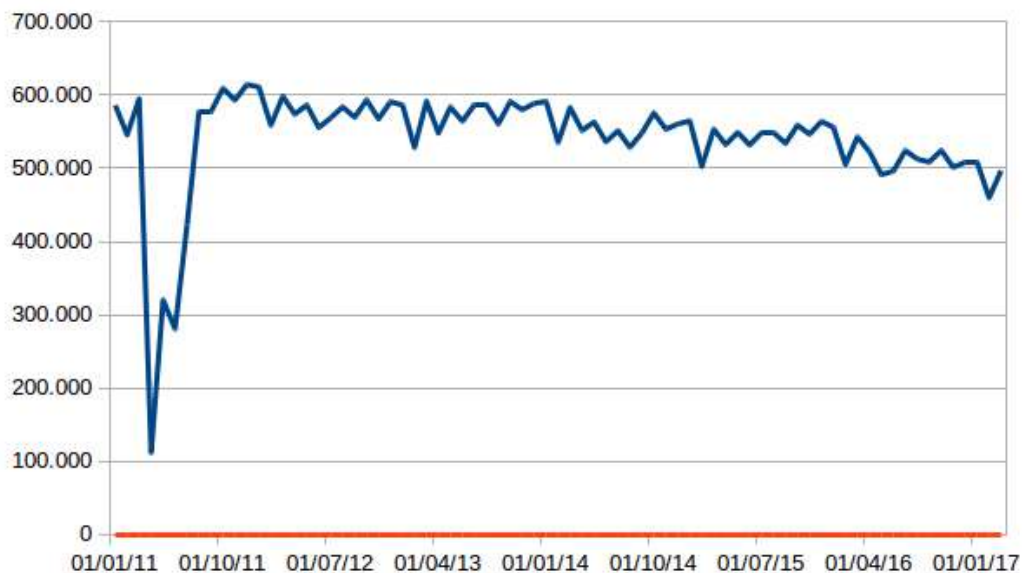


Fig. 8. Producción de petróleo crudo en Santa Cruz.⁸

Y se nota claramente la caída de los precios internos del crudo tal como lo muestra la fig 9.

⁸ Producción propia con datos de la Secretaría de Energía

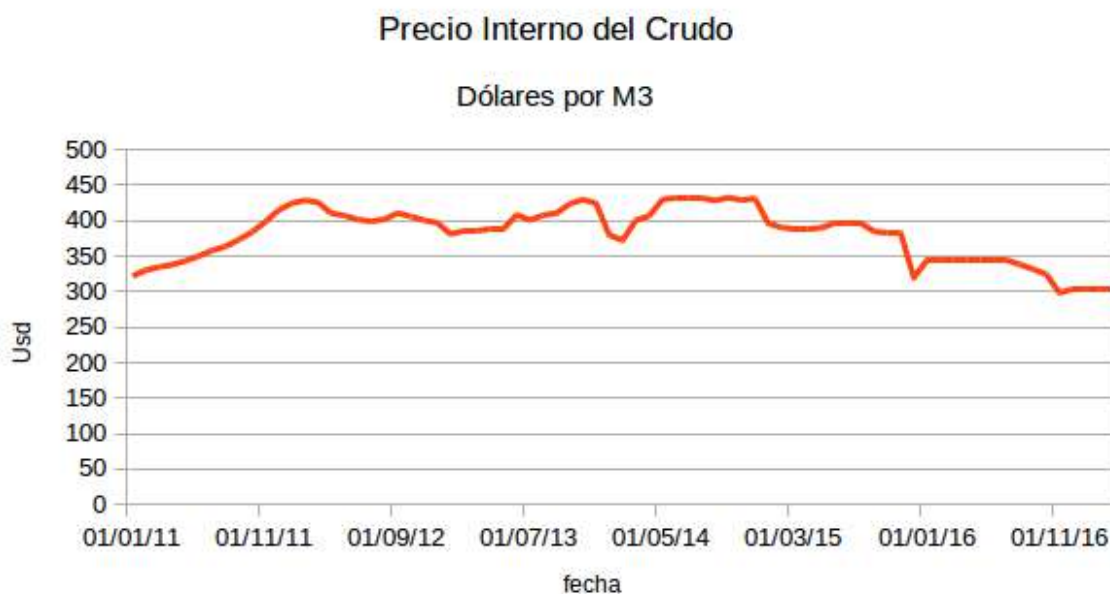
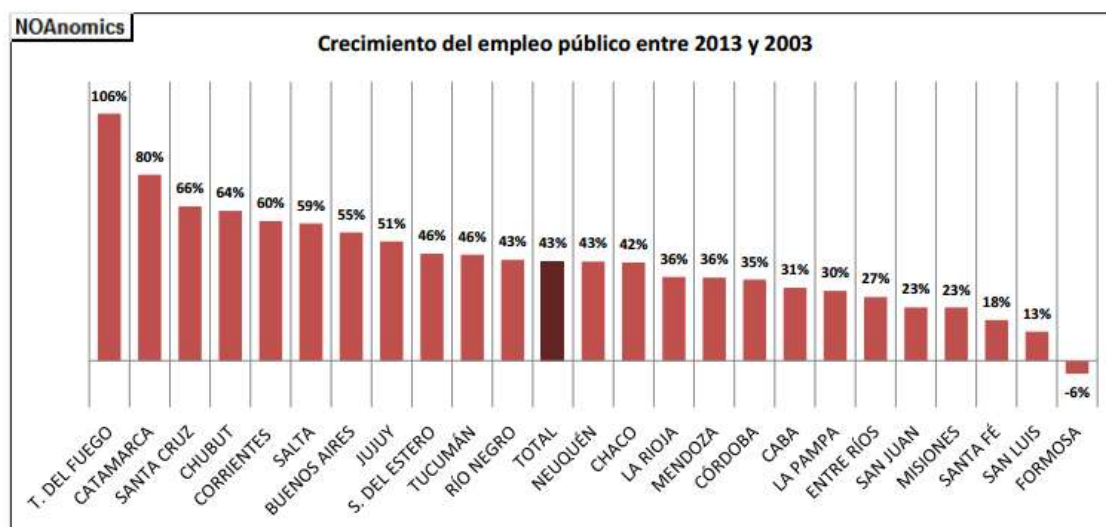


Fig. 9 precios internos del crudo⁹

2. EL CRECIMIENTO DEL EMPLEO PÚBLICO

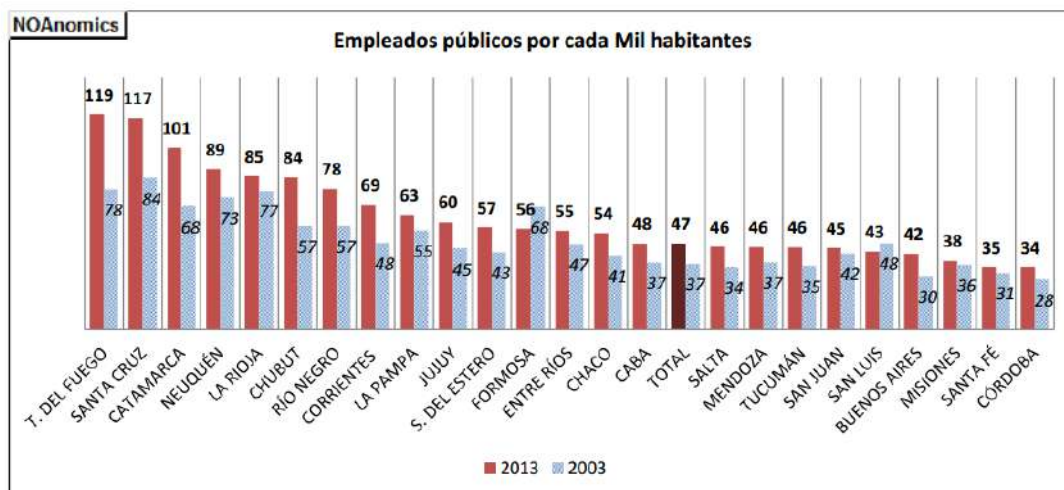
El empleo público creció considerablemente en el período, llegando a crecer según Piacentini (2014):



Fuente: NOAnomics.

Es mucho mas indicativo el crecimiento del empleo público cada 1000 habitantes, que se ve en el siguiente gráfico.

⁹ Producción propia con datos de la Secretaria de Energía



Merece destacarse el crecimiento relativo de la cantidad de empleados público, lo que constituye el gasto mas inelástico que pueden tener los estados.

3 CONCLUSIONES

Entre los años 2003 y 2015, la provincia de Santa Cruz vivió un proceso de fuerte expansión económica que no estuvo sustentada en la generación de valor de los recursos que posee, sino en la “renta” que generara la llegada al gobierno de la nación, por tres períodos de gobernantes surgidos de la provincia.

“El estado rentista procura un gran margen de autonomía a las elites que lo controlan pues la relación que establece con la población es la de distribuidor y no la de recaudador. Así, es la capacidad de control sobre el estado lo que determina el poder de los actores, pues son las instituciones estatales las que gestionan el petróleo y la renta que genera”.¹⁰

Esta situación de excepcionalidad, se quiebra al cambiar el color político de la gobierno nacional, generando una crisis economico-social, dado que el estado ha asumido gastos corrientes fuertemente resistentes a la baja, lo que se traduce en una fuerte crisis de caja.

Hoy la provincia vive una fuerte conflictividad originada en el atraso en los pagos de los salarios y jubilaciones y la reticencia del estado santaruceño a convocar a paritarias para actualizar los salarios públicos que están fijados al año 2016..

¹⁰ Izquierdo Brichs (2007) Pág. 6

4 REFERENCIAS.

- [1] Capello, Marcelo; Diarte, Gustavo. Inversión pública en provincias Argentinas periodo 2003 2011. Monitor Fiscal, Año 8, Edición n° 22, 27 páginas, Córdoba, Argentina.
- [2] Dirección Nacional de Relaciones Económicas con las Provincias – DINREP http://www2.mecon.gov.ar/hacienda/dinrep/Informes/archivos/santa_cruz.pdf
- [3] Izquierdo Brichs, Ferran. PODER Y ESTADO RENTISTA EN EL MUNDO ÁRABE. Revista de Estudios Internacionales Mediterraneos, N.º 2 Mayo – Agosto 2007. 31 páginas, Madrid España.
- [4] Martínez Llana, Daniel. La Evolución Económica reciente de la Provincia de Santa Cruz, Ed. electrónica. edUTecNe, Buenos Aires, 2011.
- [5] Muñoz, Federico; Trombetta, Martín. Indicador Sintético de Actividad Provincial (ISAP): un Aporte al Análisis de las Economías Regionales argentinas. Investigaciones Regionales, núm. 33, 2015, pp. 71-96. Asociación Española de Ciencia Regional Madrid, España.
- [6] Piacentini, Félix. INFORME FISCAL DE PROVINCIAS, Empleo público de las provincias, una bomba de tiempo, www.NOANOMICS.COM enero 2014, Tomado de Cámara Argentina de Comercio y Servicios, el 2/09/17. http://www.cac.com.ar/data/documentos/49_epp_noda.pf.

AGRADECIMIENTOS

El autor quiere agradecer al proyecto de Investigación 29/A367-1 “Dinámica productiva en Santa Cruz. Su transformación e incidencia en el empleo”, radicado en la UNPA-UARG, dirigido por el Mg. Daniel Schinelli del que forma parte y en cuyo marco se realizó el presente trabajo.

EVALUACIÓN DE UNA RED DE CAR-POOLING MEDIANTE EXPERIMENTOS DE SELECCIÓN

De Zabaleta, Zenón^{(1)*}; Giménez Losano, Ignacio^{(1)*}; Ing. Dieguez, Ignacio⁽³⁾;
Mag. Ing. Bonoli Escobar, Mariano⁽²⁾; Dr. Ing. Picasso, Emilio^(2,3)

*Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.
Dirección postal: C1127AAR. Correo electrónico: igimenezlosano@gmail.com*

RESUMEN

Como toda gran metrópolis, la ciudad de Buenos Aires sufre a diario la congestión de sus principales vías de acceso y la saturación de sus medios de transporte, con el consecuente deterioro ambiental. El incesante aumento del número de vehículos particulares, junto con la fuerte tendencia de las personas a mudarse lejos de los centros urbanos y laborales ha contribuido con este fenómeno. Ante esta problemática, surge una posible solución que busca ser complemento del transporte público añadiendo la flexibilidad y el confort característicos del vehículo particular: el car-pooling, la posibilidad de compartir el viaje con otra persona que haga un recorrido similar.

En el presente estudio se evalúa un potencial sistema de car-pooling para la ciudad de Buenos Aires basado en una red social, materializada mediante una plataforma online que permite a oferentes y demandantes de cada trayecto particular encontrarse y ponerse de acuerdo sobre las condiciones económicas del viaje. El sistema no supone la existencia de un organizador con fines de lucro ni de conductores profesionales. Como incentivo se plantea la implementación de un carril preferencial exclusivo para vehículos adheridos al sistema de car-pooling en las principales vías de acceso a la ciudad. La validación empírica se realiza mediante un experimento de selección, en el que se presenta el sistema de car-pooling frente a las alternativas de transporte existentes. Se proponen diferentes escenarios variando el tiempo de viaje y el costo para cada medio y se lo distribuye a través de un instrumento online a una muestra representativa de personas de múltiples localidades del Gran Buenos Aires que viajan a la ciudad en horarios de alta congestión. Los datos del experimento se estudian mediante modelos de selección discreta, para determinar las curvas de oferta y demanda del sistema, a fin de evaluar la viabilidad económica y operativa del sistema.

Palabras Claves: Car-pooling, Transporte urbano, Experimento de selección, Modelo de selección discreta.

¹ Alumno de Ingeniería Industrial, Universidad de Buenos Aires.

² Profesor de Estadística Aplicada, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.

³ Profesor de Estadística Aplicada, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Argentina.

ABSTRACT

The city of Buenos Aires, as any other big metropolis, struggles daily with traffic along its main access routes and highways; as well as suffering the saturation of its means of transport and the consequent environmental deterioration. The non-stop increase in the number of motor vehicles, in addition to the steady tendency of people to settle away from the urban centers has contributed to this issue. A possible solution for this problem arises and tries to be a complement of Transit but adding the flexibility and comfort of a motor vehicle: car-pooling, the possibility to share a ride with another person that makes a similar route.

The main goal of this paper is to evaluate a car-pooling system for the city of Buenos Aires based on a social network, materialized through an online platform that allows suppliers and claimants that share similar routes to meet and to get to an agreement about the economic aspects of the trip. Neither professional drivers nor development of a commercial enterprise are taken into consideration for the system. As an incentive for vehicles subscribed to the car-pooling system, a high occupancy vehicle lane in the main arteries of the city is proposed. The empirical validation has been carried out through a discrete choice model experiment in which the car-pooling alternative is compared with already existing means of transport. Variation in travel time and cost for each alternative are proposed through different scenarios which are distributed via an on-line instrument to a representative sample of people living in multiple suburban neighborhoods in the metropolitan area of Buenos Aires. Discrete Choice models are used to analyze the data gathered in the experiment in order to calculate the supply and demand curves and evaluate the economic and operative viability of the system.

Keywords: Car-pooling, Urban transportation, Choice experiment, Discrete choice model.

1. INTRODUCCION

Como toda gran metrópolis, la ciudad de Buenos Aires sufre a diario la congestión de sus principales vías de acceso y la saturación de sus medios de transporte, con el consecuente deterioro ambiental. El incesante aumento del número de vehículos particulares, junto con la tendencia de las personas a mudarse lejos de los centros urbanos y laborales ha contribuido con este fenómeno. Según datos oficiales en la Argentina actualmente se encuentran en circulación 14.849.553 automóviles, de los cuales 1.492.301 automóviles se encuentran registrados en la Ciudad de Buenos Aires, representando 10% del parque automotor del país. La magnitud y el incesante incremento de estos guarismos motivan la realización del presente trabajo.

La gente que habita en el Gran Buenos Aires que debe viajar con frecuencia a la Capital Federal utiliza en gran medida el transporte público en común: tren o colectivo, conectando en algunos casos con el subte. Esta alta demanda unida a una política de tarifas subsidiadas que lleva más de 10 años, ha producido la saturación de estos medios y un fuerte deterioro de la calidad de servicio. Las inversiones necesarias son tan elevadas que no se avizora la reversión de tal deterioro antes de un horizonte similar; sobre todo en vista de la política gradual que sigue el gobierno actual, que ha mantenido hasta el momento una importante componente de subsidio en las tarifas. Este mismo deterioro ha motivado a las clases más pudientes a utilizar el automóvil, presionando sobre la capacidad de las vías de circulación disponibles. El acostumbramiento a la flexibilidad y el confort del automóvil particular se erige como una barrera al cambio. Todo hace prever que el uso del automóvil seguirá creciendo como lo ha hecho en los últimos años.

Ante esta problemática, surge una posible solución que, complementando el desarrollo del transporte público en común, preserva la flexibilidad y el confort característicos del vehículo particular: el car-pooling: compartir el viaje en auto con otra persona que haga un recorrido similar.

Este sistema de transporte se utiliza en otros lugares del mundo desde hace varias décadas. En Estados Unidos (Chan & Shaheen, 2011) los primeros registros de programas de promoción del car-pooling se remontan a la década de 1940, en respuesta a los apremios económicos derivados de la segunda guerra mundial. El sistema de transporte presenta un pico hacia la década de 1970, provocado por la crisis del petróleo, alcanzando el 20% de los viajes al trabajo. Luego el car-pooling declinó hasta alcanzar 11% de los viajes al trabajo para 2008. La mayor caída se registra en la década de 1980, simultáneamente con la caída del precio de la nafta y la mejora en la eficiencia de los motores. Desde 2004, la aparición de la tecnología para encontrar la coincidencia de trayectos (technology-enabled ridematching) dio un nuevo impulso al sistema de car-pooling en Estados Unidos. Surgieron varias centenas de programas de car-pooling en distintos puntos del país; sin embargo, las cifras no han aumentado drásticamente. Las redes sociales dieron la posibilidad de buscar las coincidencias de trayecto entre conocidos. Esta tecnología es utilizada por las siguientes compañías en Estados Unidos: GoLoco, Gtrot, PickupPal, y Zimride. Más recientemente, la disponibilidad de smart-phones con GPS permite encontrar las coincidencias de viaje en tiempo real. Esta tecnología es utilizada en Estados Unidos por las compañías: Avego y Carticipate.

El sistema de car-pooling depende de la disponibilidad de oferentes y demandantes en una zona suficientemente densa para que se den las coincidencias de trayecto. En un estudio sobre la plataforma "Let's Carpool" realizado en Nueva Zelanda (Abrahamse & Keall, 2012), se encontró que la mayoría de los usuarios que se registraron (61%) no utilizan actualmente la plataforma y la principal razón es por la falta de flexibilidad y la dificultad de conseguir coincidencias de viaje que satisfagan sus necesidades. Es por esta razón que los autores hacen especial énfasis en la importancia de una campaña masiva para aumentar la cantidad de usuarios ya que argumentan que al aumentar la población dentro de la plataforma este inconveniente se debería reducir. El análisis muestra como principales motivaciones para el uso del car-pooling el ahorro de dinero en relación al auto particular y confiabilidad y sociabilidad en relación con el transporte público. En cambio, las principales desventajas fueron: depender de otras personas, falta de flexibilidad, no tener el auto en momento de emergencia, y momentos incómodos al definir el costo del viaje.

Estos hallazgos coinciden con estudios anteriores (Gärling and Schuitema, 2007; Wachs, 1990) que indicaban que la principal motivación para hacer car-pooling es el dinero y la conveniencia, y que es difícil que el usuario del automóvil se interese.

En otro trabajo en la ciudad de Lugano (Borriello, Scagnolari & Maggi, 2015), Suiza, enfocado principalmente en gente joven, se ve una preferencia por el uso del auto particular y el car-pooling toma un lugar marginal de magnitud similar al del uso de la bicicleta. Cabe destacar que la muestra fue realizada en el ambiente estudiantil universitario de alto nivel socio-económico, por lo cual los resultados podrían cambiar si la representatividad fuese ampliada.

Wang (2011) habla de la experiencia con el car-pooling en China. La población manifiesta gran aceptación, según varias encuestas realizadas en diferentes diarios de las principales ciudades del país. Por otro lado, las autoridades no ven bien el sistema, porque temen que el sistema de car-pooling promueva la proliferación de taxis no registrados. Desde un punto de vista analítico, China parece un gran candidato para este tipo de plataformas, principalmente por su rápido crecimiento del parque automotor, la alta densidad poblacional de las ciudades (tres a diez veces mayor que una típica ciudad occidental), y el alto ahorro relativo (nueve veces mayor que sus pares en Estados Unidos). Pero hay que tener en cuenta que a pesar que el autor recomienda que las autoridades dejen de lado las políticas de prohibición del car-pooling, hace especial hincapié en no dedicar recursos del estado para promover este medio. En particular se manifiesta contra los carriles exclusivos para vehículos de alta ocupación, por sus consecuencias no deseadas como el incremento del uso del automóvil y la congestión. Esto se debe a que el grueso de los usuarios de car-pooling en China, a diferencia de Estados Unidos, provendría del grupo que actualmente utiliza transporte público en común, y que no acceden al automóvil por razones económicas.

En el área metropolitana de Buenos Aires el sistema de car-pooling está poco desarrollado. No existen programas públicos ni plataformas privadas ampliamente conocidas, fuera de algunos sistemas cerrados para empleados, como por ejemplo el que funciona en la compañía Mercedes Benz. La densidad poblacional no parece ser un obstáculo, considerando que es relativamente alta en comparación a las áreas urbanas de Estados Unidos donde operan exitosamente sistemas de car-pooling. Tampoco sería una barrera la disponibilidad de tecnología o la utilización de redes sociales. El costo del transporte en automóvil es relativamente alto, debido al alto nivel de impuestos que tradicionalmente pesan sobre los autos y la nafta, y los peajes. En consecuencia, el potencial de ahorro es alto en relación al ingreso. En cambio, dadas las altas tasas de delito, es probable que la gente tenga reparos en utilizar el sistema por este motivo; y la cuestión de la negociación del costo puede ser otro obstáculo cultural.

En el presente trabajo realizamos una evaluación de un potencial sistema de car-pooling basado en una red social online. La plataforma incluye un registro de la reputación de los usuarios, con el objeto de neutralizar el miedo a la inseguridad, y prevé una solución de mercado para distribuir el costo del viaje para eludir barreras en la negociación. Además, se supone la disposición de un carril exclusivo para vehículos de alta ocupación en los accesos a la ciudad. El sistema se presenta a una muestra representativa de potenciales usuarios en un experimento de selección. Se expone a cada individuo a una serie de escenarios de viaje hipotéticos en los que debe seleccionar el medio de transporte según sus tiempos y costos. El car-pooling es una de las alternativas, ya sea como oferente o como demandante dependiendo de la disponibilidad de automóvil del individuo. La información del experimento se trata mediante modelos de selección discreta para estudiar la oferta y la demanda del sistema. En la siguiente sección se detalla el diseño del experimento y la metodología de análisis. La sección 3 presenta los resultados y el análisis de los factores que influyen en la demanda de car-pooling, y finalmente la sección 4 concluye.

2. METODOLOGIA

2.1. Experimento de selección

Consideramos como población objetivo de usuarios potenciales de la red de car-pooling y eventuales carriles exclusivos para vehículos de alta ocupación, la que utiliza frecuentemente los accesos a la Capital Federal, es decir la de los residentes en el Gran Buenos Aires que viaja al menos una vez por semana a la Capital durante los horarios de alta congestión (entrada de 6 a 10 hs, salida de 17 a 20 hs). Los individuos fueron divididos en dos grupos. Los que viajan en automóvil propio y manifestaron cierta reticencia a cambiar de hábito fueron asignados al grupo de oferta. Los que no tienen automóvil propio, o lo tienen pero están abiertos al cambio, fueron asignados al grupo de demanda.

Se realizó la validación empírica mediante un experimento de selección múltiple, en el cual se presentó el sistema de car-pooling (como oferta o demanda según el grupo) frente a las alternativas de transporte existentes: automóvil propio, chárter (van) y transporte público en común (englobando el colectivo/ ómnibus y el tren). Estas alternativas fueron colocadas en una plataforma en la cual el encuestado debía afrontar una serie de diferentes escenarios en donde se variaban los tiempos de viaje y los costos para cada uno de los medios. El encuestado debía optar por el medio de transporte que, de acuerdo a su percepción de las alternativas y de los valores mostrados en cada una de las variables, hubiese utilizado en la realidad.

Los valores de tiempo y costo de viaje para cada alternativa se asignaron mediante un diseño experimental óptimo¹ fluctuando alrededor de los valores base de cada alternativa para cada individuo. Estos valores base corresponden al viaje más frecuente de cada individuo. El hecho de que el experimento pivotea en el viaje real del individuo, si bien es de implementación compleja, le da un gran realismo al experimento, porque el individuo puede utilizar el contexto del viaje real en las decisiones sobre los escenarios del experimento. La implementación requiere relevar una serie de datos sobre el viaje más frecuente del individuo, y parametrizarlo para obtener los valores base de tiempos y costos en los diferentes medios de transporte para ese viaje. El instrumento de recolección de datos fue programado para hacer esto en tiempo real, y generar los escenarios de viaje relevantes para el individuo en función de las características del viaje. La información relevada para tal fin es: el origen y destino del viaje, el horario de ida y vuelta, y los tiempos de traslado hasta la parada de salida del tren, colectivo o chárter, desde la parada de llegada hasta el destino, tiempos de espera, tiempo de búsqueda de lugar para estacionar, etc.

Las distintas localidades del Gran Buenos Aires fueron agrupadas en sectores circulares concéntricos, con similar distancia al centro de la ciudad. De este modo se redujo la complejidad de 197 localidades a 44 zonas de origen. Los destinos en la Capital fueron tipificados en 5 zonas geográficas: este, sur, centro, oeste y norte. De este modo se construyó una matriz O-D para los valores base de las distintas variables del experimento: tiempo de viaje en automóvil, tiempo de viaje en car-pooling (considerando la disponibilidad de un carril exclusivo para vehículos de alta ocupación), tiempo de viaje en chárter, y en transporte público en común (tren u ómnibus según la disponibilidad y conveniencia para cada par O-D), costo de viaje en automóvil, en chárter y en transporte público en común. El valor base del tiempo de viaje en automóvil se obtuvo mediante Google Maps, confiando en su algoritmo de optimización, el tiempo mínimo y máximo para cada par O-D en hora pico, y se tomó el promedio. El costo base para el automóvil considera: mantenimiento, combustible, costo del estacionamiento y peaje. Los dos primeros se obtuvieron del Consejo Profesional del Agro, Agroalimentos y Agroindustria (Abr.2015): 2,4 Ar\$ aug2015/ km, valor que el software de recolección de datos multiplica por la distancia del par O-D del individuo. El software también contaba con la matriz O-D de peajes. El costo de estacionamiento es una pregunta previa en el cuestionario para quienes usan el automóvil, y una estimación en función de la comuna de destino para los demás. Los valores base para la alternativa car-pooling fueron obtenidos a partir de los del automóvil, teniendo en cuenta la ventaja de tiempo derivada de la utilización del carril exclusivo (estimada en un máximo de 15 minutos). El costo base para car-pooling fue establecido

¹ En el sentido de la teoría de diseño de experimentos estadísticos, utilizando los algoritmos de Federov y Cook & Nachtsheim.

en la mitad del costo del automóvil (excluyendo estacionamiento). Es decir, se ensayaron en el experimento distintas formas de repartir el costo fluctuando alrededor de 50% cada uno. En cuanto al transporte público, en primer lugar, se englobó dentro del mismo a cualquier combinación de tren con ómnibus (colectivo) o subte que llevara a la persona desde su origen en el GBA hasta su destino en la Capital. Se obtuvieron los tiempos y costos utilizando el algoritmo de Google Maps para un horario de alto nivel de congestión en las vías de acceso. Con respecto al chárter, el tiempo base de viaje se estimó a partir del tiempo en automóvil, con ajustes debido a las paradas y también debido a la utilización del carril rápido de la autopista 25 de Mayo para los trayectos correspondientes; y el costo base se obtuvo de sitios de las tarifas de las compañías. En todos los casos se adicionaron los tiempos fuera del vehículo previos y posteriores para completar el trayecto de puerta a puerta, así como el tiempo de búsqueda de espacio de estacionamiento en el caso del automóvil propio.

Una vez calculados el tiempo y costo base para cada alternativa, según el viaje más frecuente del individuo, el software de recolección de datos procedió a generar 15 escenarios de viaje variando los tiempos y costos según un diseño experimental óptimo. Los tiempos se hicieron variar en un rango $\pm 30\%$ en 5 puntos. Los costos del automóvil y del chárter también. El costo del car-pooling para el demandante se hizo variar en un rango entre 0 y el costo total del viaje en automóvil (excluyendo el estacionamiento). Resulta interesante evaluar la reacción de la gente a obtener un viaje gratis mediante car-pooling. El costo del car-pooling para el oferente resulta de deducir del costo del viaje en automóvil la compensación del pasajero según el criterio anterior. El costo del transporte público se hizo variar entre la tarifa actual (sustancialmente subsidiada) y el costo real del servicio (estimado en 3 veces la tarifa). En la Figura 1 se muestra un escenario típico presentado por el software de recolección al individuo, frente al cual debía seleccionar el medio de transporte.

¿En qué medio de transporte viajarías a la Capital en estas condiciones de tiempos y costos?

	Auto (1)	Car Pooling (2)	Charter	Colectivo / Tren
Tiempo de viaje	80 min	89 min	102 min	149 min
Costo	\$ 126	\$ 0	\$ 84	\$ 21

(1) Viajar en mi auto manejando. No elijas este medio si no dispones de auto propio ni prestado.
 (2) Viajar como pasajero en el auto de otra persona.

Figura 1 – Escenario de viaje típico del experimento de selección.

Como dijimos anteriormente, los tiempos y costos de viaje en los distintos medios fueron calculados específicamente para cada individuo según las características de su viaje más frecuente, de modo de lograr un experimento altamente relevante para el individuo y maximizar el compromiso y realismo de sus selecciones.

Además del experimento de selección, el instrumento online utilizado contiene una encuesta. En primer lugar se realizaron preguntas para asegurar que el individuo pertenece a la población objetivo. En segundo lugar, para caracterizar el viaje que se tomó para el experimento. Luego se evaluaron los hábitos de traslado, la disponibilidad de automóvil y la disposición a cambiar el medio de transporte; datos que se utilizaron para asignar el individuo al grupo de evaluación de demanda o de

oferta de car-pooling. El concepto de car-pooling fue debidamente explicado a los participantes antes del experimento, incluyendo el funcionamiento del carril exclusivo para vehículos de alta ocupación. Luego se realizó el experimento de selección, con 10 a 15 escenarios diferentes, ya sea de demanda o de oferta según el individuo; y finalmente se midieron actitudes y percepciones del individuo relevantes para el experimento, así como las características demográficas.

El instrumento, conteniendo el experimento y las preguntas fue distribuido online mediante un panel de internet provisto por la compañía especializada Oh-Panel, a una muestra representativa de personas residentes en el Gran Buenos Aires que viajan a la ciudad con frecuencia, en horarios de alta congestión. El tamaño de muestra de la parte de demanda, que es la que analizamos en este artículo, es de 236 casos, que incluyen 3100 decisiones, porque cada individuo realizó entre 10 y 15 decisiones. La distribución por género esta levemente inclinada hacia las mujeres (63%). La edad recorre un rango amplio con 30% de la muestra entre 18 y 24 años, 27% entre 25 y 34, 20% entre 35 y 44, 12% entre 45 y 54, y 11% de 55 años o más. La menor cantidad de gente mayor con respecto a la población responde a que viajan menos a la Capital Federal. La distribución por educación es: 57% con educación terciaria o universitaria completa, 17% terciaria o universitaria incompleta, y 27% con secundaria completa o menos.

2.2. Modelo de Selección Discreta

Las preferencias de los consumidores expresadas en el experimento de selección se representan mediante un modelo de selección discreta logit multinomial. Este modelo se basa en la teoría de la utilidad aleatoria (Thurstone, 1927). A cada medio de transporte corresponde una función de utilidad (Ecuación 1), que depende del tiempo y del costo de viaje del medio de transporte en el escenario presentado, así como de las características propias del medio de transporte. La utilidad parcial de cada medio de transporte (β_{CP} , β_{Ch} , β_{Tr}) mide la preferencia de la población independientemente del tiempo y el costo del viaje. Al automóvil no se le ha asignado utilidad parcial porque se establece como referencia². Las utilidades parciales del tiempo (β_t) y del costo (β_c) miden la sensibilidad del individuo a esas variables, y se asumen independientes del medio de transporte.

$$\begin{cases} \tilde{U}_{Car,it} = \beta_t t_{Car,it} + \beta_c c_{Car,it} + \tilde{\varepsilon}_{Car,it} \\ \tilde{U}_{CPool,it} = \beta_{CP} + \beta_t t_{CP,it} + \beta_c c_{CP,it} + \tilde{\varepsilon}_{CP,it} \\ \tilde{U}_{Ch,it} = \beta_{Ch} + \beta_t t_{Ch,it} + \beta_c c_{Ch,it} + \tilde{\varepsilon}_{Ch,it} \\ \tilde{U}_{Tr,it} = \beta_{Tr} + \beta_t t_{Tr,it} + \beta_c c_{Tr,it} + \tilde{\varepsilon}_{Tr,it} \end{cases} \quad (1)$$

Donde el subíndice i representa al individuo, y el t al escenario presentado.

Finalmente, el modelo asigna una componente aleatoria a cada función de utilidad, que da cuenta del conjunto de aspectos relativos al viaje de cada individuo que no están representados por la parte determinista antes descripta.

Adoptando la notación vectorial el modelo queda:

$$\tilde{U}_{jit} = \beta_j x_{jit} + \tilde{\varepsilon}_{jit} \quad (1')$$

Donde j representa la alternativa (medio de transporte).

La probabilidad de selección de cada medio de transporte es (Train, 2009):

² No es posible identificar una utilidad parcial para todos los medios de transporte porque el cero de la utilidad no está definido.

$$P_{jit} = \frac{\exp(\beta_{jit})}{\sum_{l=1}^J \exp(\beta_{lit})} \quad (2)$$

Esto permite formular la función de verosimilitud y proceder a la estimación de los parámetros por maximización.

$$\ln \mathcal{L} = \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J y_{jit} \ln P_{jit} \quad (3)$$

Donde y_{jit} indica si el individuo i selecciono el medio de transporte j en el escenario t .

3. RESULTADOS

En la Tabla 2 se muestran los resultados de la calibración del modelo de selección discreta logit multinomial.

Tabla 2

Variable		Parámetro	p-value
Car Pooling	β_{CP}	-0.064	0.45
Charter	β_{Ch}	-0.832	< 0.01
Transit	β_{Tr}	-0.274	< 0.01
Time	β_t	-0.0178	< 0.01
Cost	β_c	-0.0210	< 0.01
n (tasks)		3100	
Log Likelihood		-2907.3	
Mc Fadden R ²		0.17	
AIC		5824.6	

El modelo alcanza un nivel de verosimilitud logarítmica de -2907.3, que representa una importante mejora con respecto al modelo trivial (que incluye solo los medios de transporte, pero no tiempo ni costo como variables): -3499. El indicador de Mc Fadden muestra que el grado de ajuste del modelo es suficientemente bueno para los de su clase (Train, 2009).

El modelo tiene un parámetro para cada medio de transporte alternativo propuesto en el experimento de selección, salvo el auto que se toma como referencia, un parámetro para el tiempo de viaje y uno para el costo. Estos parámetros representan utilidades parciales. Las dos últimas corresponden a las des-utilidades propias de tener que disponer de un tiempo y un dinero para realizar el viaje. Los tres primeros representan la utilidad o atractivo que cada medio de transporte tiene, más allá de tiempo y costo, por sus características propias. La utilidad del chárter y del transporte público en común son negativas y estadísticamente significativas. Esto significa que son percibidos como inferiores al auto en términos de medio de transporte. En cambio, la utilidad parcial del sistema de car pooling, si bien es negativa, presenta una diferencia no estadísticamente significativa con respecto a la del auto. Es decir, la gente del perfil demandante de car pooling no considera que utilizar este servicio provisto por otro conductor sea inferior al automóvil como medio de transporte en sí, independientemente del tiempo y costo.

Las utilidades parciales del tiempo y el costo son negativas como predice la teoría económica. El cociente de ambas permite estimar el valor que la gente le asigna al tiempo para este tipo de viajes. El resultado es 0.84 \$/min, que equivale a 8100 \$/mes, lo cual está en el orden de magnitud de un salario medio de la población. Este valor subjetivo permite medir el interés que la población tendría por la instalación de carriles exclusivos para vehículos de alta ocupación, tal como se planteó en el

experimento. Para ello habría que simular la dinámica de los accesos a la ciudad con tal carril y, de acuerdo a la demanda de car pooling determinada en este estudio, obtener el ahorro de tiempo de los usuarios de car pooling y eventualmente la pérdida de tiempo de los demás, y valorizarlos. Este análisis se realizará en una segunda fase del proyecto.

Con el objeto de explorar el interés de diferentes grupos demográficos por el sistema de car pooling se muestra en la tabla 3 el resultado de la calibración de un modelo específico para tal propósito.

Tabla 3

Variable		Parámetro	p-value
Car Pooling	β_{CP}	-0.590	< 0.01
Charter	β_{Ch}	-0.838	< 0.01
Transit	β_{Tr}	-0.295	< 0.01
Time	β_t	-0.0177	< 0.01
Cost	β_c	-0.0213	< 0.01
CPool : sex		-0.391	< 0.01
CPool : young		-0.099	0.28
CPool : educ		0.145	< 0.01
n (tasks)		3100	
Log Likelihood		-2874	
Mc Fadden R ²		0.18	
AIC		5764	

Este modelo alcanza un nivel de ajuste levemente superior al anterior, como muestran la mayor verosimilitud logarítmica y el indicador de Mc Fadden.

Las variables demográficas no pueden introducirse en el modelo de manera directa porque no varían con la alternativa de medio de transporte y serían constantes añadidas a las cuatro funciones de utilidad que no implicarían cambio alguno en la decisión y por lo tanto los parámetros correspondientes no serían identificables. En cambio, las variables demográficas ingresan al modelo en forma de interacciones con la constante de car pooling.

En el caso del sexo, se utiliza una variable indicadora que vale 1 para las mujeres y 0 para los hombres. La interacción entre la constante de car pooling y el sexo añade el parámetro correspondiente cuando el individuo es mujer, pero no lo hace cuando es hombre. De este modo el parámetro representa la utilidad adicional que las mujeres asignan al car pooling como medio de transporte. Se observa que esta utilidad es negativa y estadísticamente significativa, por lo cual se deduce que el sistema de car pooling es menos atractivo para las mujeres que para los hombres.

De modo similar la variable “young” indica individuos hasta 27 años de edad. En este caso la influencia no estadísticamente concluyente ($p=0.28$), por lo cual no se puede afirmar que los jóvenes tengan mayor ni menor interés que los mayores por el sistema de car pooling, al menos con el corte de 27 años utilizado.

Finalmente medimos la influencia del nivel de educación en el interés por el sistema de car pooling mediante una variable que toma valores crecientes desde 0 para los individuos sin estudios hasta 8 para los que alcanzan nivel de postgrado universitario. El parámetro correspondiente es positivo y estadísticamente significativo, lo cual muestra que la educación influye positivamente en el interés por el sistema de car pooling.

4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo hemos analizado la demanda por un sistema de car pooling basado en una red social online en la población de los alrededores de la Ciudad de Buenos Aires. Se relevó información empírica sobre las preferencias de una muestra representativa de esa población mediante un experimento de selección discreta, en el que se presentaron cuatro alternativas de medio de transporte para el viaje hacia la ciudad: auto, car pooling, chárter y transporte público en común, y los individuos eligieron según distintos escenarios de tiempos y costos de cada medio. La utilidad de cada uno de los medios de transporte, así como la del tiempo y el costo de viaje, se estimaron mediante un modelo logit multinomial.

Como resultado, se ha determinado que la población valora el sistema de car pooling tanto como el auto propio como medio de transporte. Considerando que el costo se divide entre dos o más pasajeros, se deduce que el sistema tiene un alto potencial de demanda, aun sin la provisión de carriles exclusivos para vehículos con alta ocupación.

Adicionalmente se halló que las mujeres tienen significativamente menor interés por demandar el servicio de car pooling, mientras que la educación favorece el interés, y en cambio la edad no parece tener influencia alguna.

El análisis desarrollado en este trabajo enfoca en la demanda del sistema de car pooling. En el otro extremo se podría medir la disposición de propietarios de automóvil a ofrecerlo al sistema. Se realizó un experimento en paralelo al descrito en este trabajo que permitirá establecer las preferencias de la oferta. Esto abre el campo para futuros análisis de este otro aspecto del sistema y de la vinculación con la demanda. La determinación del punto de equilibrio entre la oferta y la demanda permitirá determinar el nivel de actividad potencial y la conveniencia de proveer un carril exclusivo para este grupo de usuarios. Esto se realizará en etapas futuras del presente proyecto de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Abrahamse W, Keall M (2012). Effectiveness of a web-based intervention to encourage carpooling to work: A case study of Wellington, New Zealand Transport Policy 21: 45-51.
- [2] Borriello A, Scagnolari S, Maggi R (2015). Are commuters in Lugano ready to leave the car? Evaluating conventional and innovative solutions to facilitate the switch. Conference Paper STRC 2015 (Swiss Transport Research Conference)
- [4] Chan ND, Shaheen AS (2012). Ridesharing in North America: past, present and future. Transport Reviews 32.1: 93-112.
- [5] Thurstone LL (1927). A law of comparative judgment. Psychological Review, 34, 273-286.
- [6] Train K (2009). Discrete choice methods with simulation. Cambridge University Press.
- [7] Wang R (2011). Shaping carpool policies under rapid motorization: the case of chinese cities. Transport Policy 18: 631-635.

DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIA AL DESARROLLO SUSTENTABLE

Ing. Carlos N. Papini -Director de la Carrera Ingeniería Industrial – UdeMM -; Sergio Gauna; Alejandro Cuitiño

*Facultad de Ingeniería, Universidad de la Marina Mercante
Av. Rivadavia 2258, CABA, Argentina. cpapini@udemmm.edu.ar*

*alejandro.ariel.cuitino@gmail.com.
srgauna@gmail.com*

RESUMEN:

La creación de valor para lograr que no sólo exista en la agenda el progreso económico ya no es el único desafío que tienen las organizaciones. Aquello que se está gestando es el desarrollo económico a la par de lo social, por lo cual el concepto básico de la R.S.E. clásica debe evolucionar hacia una nueva propuesta de relación entre los negocios y la sociedad. La sustentabilidad, por lo tanto, aparece como una nueva forma de interpretar las relaciones económicas en el mundo, ya que la evolución no sólo debe ser económica sino también social y ambiental. Y, en ese contexto, los seres humanos son una arista clave. El entorno natural y una cultura que se encuentra en permanente cambio hace que las empresas privilegien, cada vez más, que sus empleados estén en armonía tanto en el lugar donde trabajan como con el exterior. Así, empleados, clientes, proveedores, accionistas y hasta quienes se desempeñan en puestos jerárquicos participan de distintas acciones que engloban lo que se llama el voluntariado corporativo. Término que, hoy, por sus implicancias y alcances, algunos lo llaman como el fenómeno de la RSE in-company. A través de acciones encaradas por las empresas, los empleados realizan y participan de actividades que tienden a mejorar la calidad de vida y el medio ambiente. Del mismo modo, surgen propuestas donde se pone el foco en temas de salud y educación en la comunidad que nos rodea. El voluntariado es efectuado, a simple vista, con acciones que pueden parecer mínimas, pero son un aporte de gran utilidad a la sociedad. Esta búsqueda promueve, más allá de los objetivos de la empresa y del gobierno de turno, un trabajo compartido entre la empresa y la comunidad local, el entorno más cercano hacia donde actuamos. Se debería empezar por conocer experiencias cercanas exitosas, profundizando en las prácticas que ayudaron a ejecutarlas. Entre este hacer y lograr deberíamos conseguir el desarrollo integral de todos los actores, donde la cooperación entre lo público y privado no debería dejarse de lado para que lo conseguido sea realmente sustentable. En resumen, la motivación humana y las relaciones interorganizacionales nos facilitarán la transición para cambiar nuestra realidad social desde nuestro trabajo. Lógicamente el cambio no debería terminar sólo en la “cooperación” entre lo estatal y lo privado. Debería haber iniciativas útiles que propongan contribuciones de las empresas a través de su rentabilidad que podrían canalizarse hacia actividades productivas que favorezcan a los sectores más carenciados. La idea sería cerrar la brecha creciente entre los más ricos y los más pobres.

Palabras Claves: valor, sustentabilidad, cooperación, acciones, motivación

ABSTRACT:

Value creation to ensure that not only the economic progress of the agenda is no longer the only challenge that organizations have. What is being developed is the economic development along with the social, for which the basic concept of the C.S.R. classic must evolve towards a new proposal of relationship between business and society. Sustainability, therefore, appears as a new way of interpreting economic relations in the world, since the evolution must not only be economic but also social and environmental. And, in that context, human beings are a key edge. The natural environment and a culture that is in permanent change makes companies prefer, more and more, that their employees are in harmony both in the place where they work and with the outside. Thus, employees, customers, suppliers, shareholders and even those who perform in hierarchical positions participate in various actions that encompass what is called corporate volunteering. Term that, today, by its implications and scope, some call it as the phenomenon of CSR in-company. Through actions taken by companies, employees perform and participate in activities that tend to improve the quality of life and the environment. Likewise, proposals arise where the focus is on health and education issues in the community around us. Volunteering is done, with the naked eye, with actions that may seem minimal, but are a contribution of great utility to society. This search promotes, beyond the objectives of the company and the government of the day, a work shared between the company and the local community, the closest environment to where we act. It should start by knowing close-up successful experiences, deepening the practices that helped to execute them. Between this doing and achieving we should achieve the integral development of all the actors, where the cooperation between the public and private should not be left aside so that what has been achieved is really sustainable. In short, human motivation and interorganizational relationships will facilitate the transition to change our social reality from our work. Logically, change should not end only in the "cooperation" between the state and the private. There should be useful initiatives that propose contributions from companies through their profitability that could be channeled towards productive activities favoring the poorer sectors. The idea would be to close the growing gap between the richest and the poorest.

Keywords: value, sustainability, cooperation, actions, motivation

1.Objetivos

1.1. Objetivos Principales:

Demostrar a través de casos reales como la creación de valor en las empresas ayuda a que se desarrolle el plano social, y de esta forma lograr sustentabilidad. Al tener este concepto más espacio en los modelos de negocios, podemos aplicarlo en la vida cotidiana laborar y expandirlo a contextos de colaboración entre el ámbito privado y público. Así se evolucionará desde el concepto básico del R.S.E. clásico hacia una nueva propuesta de relación entre los negocios y la sociedad.

1.2. Objetivos secundarios:

1.2.1. Definir acciones concretas que permitan el desarrollo de la comunidad donde se focaliza una empresa a través de la colaboración de todos los integrantes internos y externos.

1.2.2. Desarrollar las bases de la motivación interna de una compañía a través de la armonía de todos sus integrantes.

1.2.3. Establecer propuestas que permitan la realización del voluntariado corporativo en el ámbito de los sectores más necesitados de la comunidad.

1.3. Resultados esperados:

La búsqueda de la acción específica de cooperación entre lo privado y público promoverá propuestas de gran valor para la sociedad, tanto en la educación, salud, gestión ambiental y administración de las organizaciones participantes. Se espera también, a través de casos reales en evolución, poder caracterizar las pautas claves para implementar este tipo de proyectos.

1.4. Aplicaciones:

Los resultados podrán ser utilizados en el ámbito empresarial, educacional y en el sector público para potenciar el bienestar de los ciudadanos.

2.Introducción

Responsabilidad Social Empresaria es hacer negocios basados en principios éticos y apegados a la ley. Es el rol que le toca jugar a las empresas, tanto estatales como privadas, a favor del equilibrio entre el crecimiento económico/financiero, el bienestar social de la comunidad donde actúan y el respeto a los recursos naturales y el medio ambiente. El objetivo principal que persigue radica en el impacto positivo que estas políticas generan en los distintos ámbitos con los que una empresa tiene relación, al mismo tiempo que contribuyen a su competitividad y sustentabilidad en el sector que desarrolla. En el área interna las prácticas de la RSE están enfocadas en los valores y en la transparencia que definen el actuar de la empresa en función de sus resultados y que inciden directamente en los colaboradores internos de la misma. Entre este lograr y hacer deberíamos conseguir el desarrollo integral de todos los actores, donde la cooperación entre lo público y privado no debería dejarse de lado para que lo conseguido sea realmente sustentable. En resumen, la motivación humana y las relaciones interorganizacionales nos facilitarán la transición para cambiar nuestra realidad social desde nuestro trabajo.

3.Estado de la Cuestión

3.1. Historia

La RSE tiene sus orígenes en el Siglo XIX cuando algunos empresarios industriales en Europa y en los EE.UU., se preocuparon por la vivienda y el bienestar de sus empleados. Por otro lado, comienzan a aparecer agrupaciones que consideraban poco ético lucrar con productos que no respetaban lo más importante: no ser perjudiciales para la sociedad: tabaco, alcohol, medicamentos etc... Ya en el siglo XX y básicamente luego de la segunda guerra mundial de la mano del desarrollo del Estado de Bienestar, comenzaron relaciones formales integrales dentro de las instituciones compartiendo desde ese momento con el único objetivo empresarial que había: aumentar la productividad y los beneficios económicos.

La expresión RSE surge en 1950 con la Escuela norteamericana de administración encuba el concepto y comienza el debate sobre el rol que debían ocupar las empresas con fines de lucro en la sociedad. En los 60 llega a desarrollarse la ley de oro de la RSE: la Responsabilidad Social de los empresarios debe ser acorde al poder social de las empresas. Es decir, las acciones tomadas por los empresarios se tienen que deber a motivaciones que fueran más allá del interés económico o técnico. Y se llegó más allá al focalizarse en las personas cuando se aseveró que la RSE es el deber de toda persona de tener en cuenta el impacto de sus actos en todo el sistema social, considerando al sistema social en su conjunto. A partir de los 70 se asume la responsabilidad social desde una actitud y visión hacia el largo plazo, primando el interés social al interés particular. Se comienza a balancear la ejecución eficiente de las obligaciones económicas y con los empleados con la conciencia de valores y prioridades sociales, siendo estas el nuevo foco donde las empresas deben estar involucradas. Acá nace la pirámide de responsabilidades de la empresa (Anexo 1) comenzando por las económicas y legales, pasando a las expectativas éticas y filantrópicas de la sociedad.

Ya en los 80 Peter Drucker vincula la actividad empresarial con los problemas sociales, convirtiéndolos en oportunidades de negocios que lograrían a través de la capacidad de producción consiguiendo trabajos bien remunerados. De esta forma se incluye a los " stakeholders " o aquellos grupos o individuos que pueden afectar o ser afectados por el logro de los objetivos de la empresa. Como vemos ya la empresa se ve como una red compleja de relaciones que afecta de manera diversa a distintos actores sociales que luchan por alcanzar sus propios objetivos. En 1990 el concepto continuó evolucionando constantemente tras la consolidación de la globalización, el crecimiento económico, la conciencia ecológica y la aparición de nuevas tecnologías. Paralelamente la RSE pasa a verse como un agente de control que ayudaría a

reparar los posibles daños causados por las empresas, diseñando políticas y programas específicos que dan lugar a procesos de respuesta sociales.

Ya en este siglo comienza a afirmarse que las empresas deben ocuparse tanto de la rentabilidad como de las relaciones con la comunidad a través de políticas, procesos y procedimientos que respeten la dignidad de cada uno de los “ stakeholders “. Aquí nace un Contrato Social implícito entre la empresa y la sociedad a través de leyes y regulaciones junto con valores y costumbres socialmente aceptados. De esta forma predomina el concepto de “ valor compartido “ es decir crear valor económico de forma tal que también cree valor para la sociedad. Es una contribución activa, voluntaria y permanente al mejoramiento económico, social y ambiental con el objetivo de mejorar su situación competitiva y su valor añadido, devolviendo a la sociedad los beneficios que genera por el uso de sus recursos. Atacar desde una visión empresarial y con los recursos económicos y profesionales del ámbito privado problemas tan sensibles como analfabetismo, pobreza extrema, educación, desigualdad y la crisis medioambiental promete mejores resultados que los obtenidos hasta ahora, simplemente por el cambio de perspectiva.

Finalizando la primera década de este siglo se realizó una consulta a más de 60 empresas para saber cómo gestionaban la RSE en sus organizaciones, obteniéndose los siguientes resultados:

- Sólo el 27% de las empresas tenía un área de gestión especializada con la denominación RSE
- Cerca del 60% atendía estos temas desde áreas vinculadas a relaciones institucionales o comunicación
- En el área trabajaban entre 3 y 5 personas, en su mayoría mujeres con formación en comunicación y con postgrados

Actualmente aparece el término sustentabilidad refiriéndose a satisfacer las necesidades del presente sin comprometer a las generaciones futuras. El objetivo pasa a ser definir proyectos viables que armonicen los aspectos económicos, sociales y ambientales de las actividades humanas, confluyendo para esto las actividades de las personas, empresas y el Estado. En la misma ONU se avanzó en el compromiso y en el 2015 se amplió la “ Agenda del Milenio “ hacia los Objetivos de Desarrollo Sustentable de la ONU.

3.2. Marco Teórico

Continuaremos la elaboración del proyecto introduciéndonos en la ética filosófica considerando que ésta reconoce la diferencia entre el “debe ser” y el “es”. Esto se complementa con un dilema ético ya que a través de la globalización las empresas, sobre todo multinacionales, podían obtener beneficios extraordinarios aprovechando los bajos estándares ambientales, regulatorios y laborales de las sociedades en vías de desarrollo. Aparece entonces la reflexión de cómo debe comportarse una empresa cuando las normas seguidas en el país de destino son de naturaleza menor a las del país de origen. Pero para llegar al nivel ético hay que cumplir con otros niveles primero de acuerdo a la Pirámide de la Responsabilidad Social Corporativa de Carroll (1991), quién plantea cuatro clases de responsabilidades: económicas, legales, éticas y filantrópicas.



Para Carroll el criterio económico es el primero en la RSE. Las empresas tienen la responsabilidad de producir los bienes y servicios que la sociedad necesite para que simultáneamente puedan maximizar las

ganancias o el valor de la acción para los dueños y/o accionistas. Las actividades desarrolladas para lograr este objetivo deberían tener un impacto positivo directo o indirecto sobre la sociedad donde actúan.

El segundo criterio se basa en que las sociedades modernas han aprendido durante el siglo pasado a desarrollarse bajo leyes y regulaciones para que sean cumplidas en el ámbito de los negocios.

Al definir qué comportamientos son válidos para la sociedad, la empresa debería cumplirlos para poder lograr los objetivos económicos. En este contexto, la legalidad puede ser vista de acuerdo a tres categorías:

- De cumplimiento
- De prevención de litigios civiles
- De anticipación a la ley

El primer tipo de cumplimiento es de naturaleza pasiva y una empresa estaría comprendida en el ámbito jurídico aún si el cumplimiento fuese pasivo o accidental. El segundo tipo es restrictivo porque se produce cuando la empresa está legalmente obligada a hacer algo que de otra forma no lo haría. El pago de impuestos es un buen ejemplo para este caso ya que el sistema legal está limitando el comportamiento natural de maximizar ganancias. Al tercer tipo lo definimos como oportunista y ocurre cuando la empresa o busca lagunas en la legislación para poder participar en ciertas actividades u opta por operar en jurisdicciones donde las normas legales son más débiles. En el primer caso se cumple con la ley pero no con su espíritu y en el segundo se busca el camino de cumplimiento más fácil. Por lo tanto una lectura precisa definiría cuales actividades quedarían fuera del ámbito jurídico definido por la Pirámide de Carroll:

1. Una conciencia de incumplimiento de la ley
2. Una conciencia de culpa civil, real o potencial
3. Un cumplimiento meramente pasivo con la ley

Las responsabilidades éticas comienzan por los fines del sistema productivo de nuestros días que incluyen proveer con la mayor eficacia posible, los bienes y servicios que los ciudadanos de una comunidad necesitan para llevar una vida a la altura de la dignidad de la naturaleza humana. Paralelamente deben generar riqueza, sumamente necesaria para crecer en la calidad de vida y para reinvertir asegurando el desarrollo económico que debe incluir el gasto social. Generar puestos de trabajo que proporcionen oportunidades de desarrollo humano en empresas grandes y chicas es otro fin que si los miramos a todos en perspectiva notamos que deben ser alcanzados al mismo tiempo para lograr una visión armónica y compatibilizadora.

Sin entrar todavía en cómo un gerente debe tomar decisiones basadas en el marco social del ámbito que lo rodea, se deben considerar cuales son los factores prominentes al seleccionar áreas para el involucramiento social.

Recientes estudios incluyen cinco factores que se deberían incluir:

- a. La seriedad de la necesidad social
- b. El interés de la alta dirección
- c. El valor público de la acción social
- d. La correspondencia entre la necesidad social y la necesidad corporativa
- e. La presión gubernamental

Como vemos estos factores son muy diversos y es necesario un trabajo de consenso para llegar a un acuerdo, el cual es en definitiva el modelo a seguir. El foco sin duda debe ser la responsabilidad social y el avanzar desde el no hacer nada hacia acuerdos progresivos que determinen acciones proactivas para solucionar problemas.

De todas maneras este paraguas de la pirámide de Carroll que parece cubrir aspectos disímiles de la relación entre la sociedad y los negocios no tiene en cuenta por ejemplo las distintas culturas que se encuentran fuera de los Estados Unidos de América, donde los factores antes mencionados se encuentran directamente en conflicto. Estas contradicciones tienden a ser en estos casos la norma y no la excepción, lo cual lleva a revisar estas estructuras para lograr mejoras a nivel global. Los ejemplos que brindaremos más adelante nos permiten confirmar esta afirmación.

1. La perspectiva ética

Si nos enfocamos en el ámbito empresarial debemos considerar que hay tres niveles en la ética empresarial, la cual se interesa por el tema de cómo el hombre mejora, se realiza, a través de las actividades que desarrolla en el ámbito de la empresa. Estos tres niveles son: el social, el del trabajo directivo y el profesional.

- La ética social: es visualizar cómo repercute en las personas, en tanto forman parte de la sociedad, el funcionamiento del sistema productivo.

El hombre tiene un fin personal y también una misión social, porque si bien su existencia se resuelve en la consecución de un fin que es individual, muchos de los contenidos de ese fin que debe alcanzar sólo puede conseguirlos en colaboración con los demás. No tendrían por qué darse contradicciones para él entre su dimensión personal y social porque son complementarias, no superpuestas y están estructuradas por la subordinación de la segunda a la primera. En virtud de esta condición de la naturaleza del hombre, todas las personas y las sociedades intermedias -la empresa es una de ellas- son responsables del bien de todos, del que depende la consecución del bien personal de cada uno.

- La ética del trabajo directivo: incluye todos los conocimientos y cualidades del directivo para conducir una empresa hacia los objetivos que establecen las otras dimensiones de la ética empresarial y cómo al hacerlo se realiza como persona.

Los directivos toman decisiones complejas y muchas veces dolorosas. La mejora ética requiere que adquieran disposiciones estables, virtudes morales, que ayuden a actuar bien, motivando al resto del equipo. Esto ayudará a crear una cultura empresarial basada en la sabiduría práctica, el ejercicio de un liderazgo efectivo y la calidad moral.

- La ética profesional: que trata sobre qué valores humanos están en juego en las técnicas por las que la empresa alcanza sus objetivos.

Nos referimos a cultivar un “entendimiento prudente” para el discernimiento de valores en situaciones cotidianas y laborales. También ayuda a identificar y someter a reflexión crítica las valoraciones sociales vigentes, desarrollando habilidades argumentativas que permitan formular y justificar las valoraciones personales.

En general a la ética se la ha relacionado más con la buena conducta y el comportamiento aunque el poder real de la perspectiva ética está en la acción, porque uno no puede decidir qué debe hacer a partir de lo que es sino a partir de lo que debe ser. Esta llamada ética normativa es la única que tiene potencial para hacer posible la responsabilidad de la organización, cuyos integrantes pueden considerar cursos de acción alternativos y justificar sus decisiones con razones válidas. Y esto implica la responsabilidad de la elección y su efecto en la comunidad moral de la organización. Es el proceso de elegir ciertas metas en lugar de otras y de seleccionar medios para alcanzarlos.

Esta reflexión nos lleva al dilema de cómo se deben afrontar las decisiones correctas, la evaluación de las distintas opciones existentes y como se deben desarrollar las aptitudes necesarias dentro del marco ético. En general se consideran cinco recursos para tomar una decisión grupal: propuestas, observaciones, juicios de valor, supuestos básicos y opiniones opuestas. Esta última ofrece una visión de la selección y uso adecuado de las cuatro anteriores. Muchas veces los desacuerdos se producen por no tener la información completa, por considerar a las creencias y los valores más que a las observaciones.

Pero se está notando ahora un cierto amesetamiento en las prácticas de las empresas sobre todo si los comparamos con la tendencia mundial de preocupación por el cambio climático y la desigualdad social. Hasta compañías excelentemente gerenciadas parecen menos interesadas en integrar totalmente RSE con las estrategias de negocios que en desarrollar programas de RSE alineados con los valores de la compañía.

Veamos algunos ejemplos recientes al respecto.

3.3. Aportes Principales

Enumeraremos ahora casos resonantes de los últimos años que van a demostrar la lejanía entre el accionar de muchas empresas multinacionales de primer nivel de los principios éticos y valores que proclaman en sus páginas web.

3.3.1. ODEBRECHT

“Con el objetivo de orientar a sus Integrantes, la Organización Odebrecht desarrolló a lo largo de sus 70 años la **Tecnología Empresarial Odebrecht** (TEO). Para la TEO, producir en el futuro es educar en el presente nuevos y buenos empresarios. Fundada en valores humanísticos, la TEO es una filosofía empresarial volcada al hacer y focalizada en la Educación y en el Trabajo. El conjunto articulado de Principios, Conceptos y Criterios ofrece a los Integrantes de la Organización los fundamentos éticos, morales y conceptuales que les permiten actuar con orientación estratégica común, unidad de pensamiento y coherencia de acción.”

La compañía que Norberto Odebrecht (1920-2014) fundó en 1944 poco tiene que ver con el conglomerado más importante de Latinoamérica, cuyo presidente, nieto del pionero, Marcelo Odebrecht, fue condenado a 19 años de prisión por participar en una trama que conseguía contratos de forma fraudulenta con la petrolera brasileña Petrobras. Se trata del paso más reciente de la interminable Operación Lava Jato, que desde abril de 2014 analiza una red de desvíos de dinero, obras sobrefacturadas y sobornos, y que cada vez apunta más alto: el ex presidente Luiz Inácio Lula da Silva fue acusado de lucrarse con la corrupción de Petrobras.

La empresa está ahora presente en Brasil, donde tiene su sede, y otros 27 países, y cuenta con 168.000 empleados. Durante los años sesenta y setenta comenzaron su expansión a otros países de América Latina y África. En 1991 dió el salto a EE UU y se convirtió en la primera compañía brasileña en construir una obra pública: el Metrover (metro ligero) de Miami.

El magistrado califica el sistema de lavado de dinero que usaba Marcelo Odebrecht de "sofisticado", con cuentas en el exterior de Brasil, y lo acusa de realizar al menos dos pagos ilícitos a empleados de Petrobras: uno por valor de 28,7 millones de dólares y otro de 35 millones. Los sobornos servían para que los trabajadores "no obstaculizaran el funcionamiento de la trama y los ajustes fraudulentos de las licitaciones", según Moro.

Parece que en Brasil se trata del acuerdo judicial más importante alcanzado jamás en la historia de la corrupción mundial, superando incluso al que logró en su momento la alemana Siemens.

En un párrafo del comunicado publicado se menciona que: "Odebrecht se arrepiente profundamente de su participación en las conductas que condujeron a este acuerdo de resolución y pide disculpas por violar sus propios principios de honestidad y ética". También anunció la creación del "Compromiso Odebrecht para una Actuación Ética, Íntegra y Transparente" que implementará "en todos los negocios de la Organización" y agradeció "la oportunidad de pasar la página y superar este doloroso episodio".

3.3.2.VOLKSWAGEN

"A nivel global, Volkswagen ha formulado en 2002 su propio Modelo de Desarrollo Sustentable, elemento fundamental de una estrategia corporativa enfocada en el largo plazo, que sostiene que los desafíos no son sólo económicos sino de naturaleza ecológica y social. Basado en la tradición, pero atento al futuro, el Modelo se basa en tres elementos centrales:

- Un balance durable entre los sistemas económico, ambiental y social sumado a un equilibrio de largo plazo entre intereses divergentes.
- La responsabilidad por las propias acciones en los niveles regional, nacional y global.
- Una comunicación transparente y una cooperación justa Así, el Grupo Volkswagen presenta anualmente una actualización de la sostenibilidad de su negocio en el formato de un reporte de sostenibilidad. El reporte describe los principios estratégicos y presenta ejemplos de actividades específicas desarrolladas por VWA en lo que hace a la sostenibilidad basados en el esquema provisto por la Iniciativa Global de Reportes (GRI, por sus siglas en inglés)."

En el mes de octubre del año 2015 el grupo VOLKSWAGEN -uno de los productores más grandes del mundo automotriz- se convirtió en el protagonista de uno de los escándalos más grandes de los últimos años en lo que respecta al fraude en el mundo industrial y empresarial. Aun hoy en día no se conoce el alcance real de la situación en la cual puede que otras marcas importantes de la industria también estén involucradas (como FIAT, RENAULT, NISSAN y el grupo PSA) sin embargo ya hay consecuencias graves tanto para la empresa como para sus directivos y ex directivos quienes se encuentran bajo investigación. El escándalo salió a la luz luego de que Peter Mock, director de International Council for Clean Transportation (ICCT, por sus siglas en inglés), inició una investigación para comprobar que los controles de gases eran más estrictos en Estados Unidos que en el viejo continente. Al progresar dichos análisis que eran practicados en el año 2012, el profesor observó una notable discrepancia entre los niveles de contaminación emitidos por el vehículo en la ruta y los datos facilitados por el fabricante alemán. El descubrimiento fue notificado a la agencia de protección ambiental "EPA" quien inicio su propia investigación formal. Esa investigación resulto en que los vehículos afectados que resultaban ser los que montaban los motores Diesel 1.2, 1.6 y 2.0 "TDI EA 189" tenían instalado en su unidad de control (ECU) un software que detectaba cuando el vehículo se encontraba en una prueba de homologación. Una vez que el vehículo "era consciente" de esta situación, por medio de una modificación en sus reglajes de inyección reducía las emisiones de gases NOX -altamente nocivos para el ambiente- a valores por debajo de los establecidos por las exigentes normas norteamericanas. El problema era que

este cambio en la inyección resultaba en una merma importante de la potencia desarrollada por el motor, con lo cual una vez terminada la prueba -y validada la homologación del vehículo- el mismo software regresaba la configuración a la original, retomando el motor de esta manera su potencia y consecuentemente sus niveles de contaminación (40 veces mayores a los permitidos). En el momento del estallido del escándalo, se estimaron que había más de 11 millones de vehículos con este sistema los cuales eran de la marca VOLKSWAGEN, AUDI, SEAT y SKODA. El grupo se sumió así en una fuerte crisis de credibilidad y enfrente multas de enormes sumas de dinero. Con el paso del tiempo, el grupo "VAG" se declaró culpable en EEUU de los delitos cometidos y tanto allí como en la comunidad europea se vio forzado a recomprar o reparar las unidades afectadas. El caso del grupo VW es presentado en esta investigación, debido a que es un caso emblemático entre varios de como una empresa multinacional que emplea a miles de personas con reputación intachable, controlada por las más estrictas normas en lo referente a calidad, seguridad, emisiones tóxicas y que anuncia al mundo en sus principios básicos una "ENORME CONCIENCIA RESPECTO AL RSE AMBIENTAL" termina envuelta en un escándalo que lleva a pensar que las prácticas allí realizadas poco tienen que ver con las declaradas en sus sitios web.

Mirian Izquierdo. CEO de Comerciando Global s.l. hizo un apunte referente a los consejos y la falta de diversidad de criterios y puntos de vista tanto en cuanto al género como a la cultura:

"La realidad es que las compañías se gestionan por un modelo compuesto por una estrategia muy financiera, con una visión de ingresos a corto plazo, y luego otra serie de estrategias relacionadas con la RRHH, gobierno corporativo, medio ambiente, etc., pero descoordinada; no existe una visión a largo plazo soportada por una estrategia integral de la compañía. Los objetivos a corto plazo y agresivos generan malas prácticas, y el caso Volkswagen es un buen ejemplo."

Para finalizar, en su texto el autor nos deja una inquietante reflexión:

"En realidad, el problema de la RSC es ese: pedir a unas empresas que se autorregulen y a unos directivos que se comporten como si estuviesen por encima de la realidad social. Algo hemos hecho muy mal cuando el común de los mortales ve la RSC como algo prescindible, superfluo, como un conjunto de buenos deseos que únicamente prevalecen cuando no interfieren con el beneficio económico o con la deliciosa sensación de la espalda que se pega al respaldo del asiento cuando pisamos el pedal hasta la tabla. La forma en que las empresas han gestionado la RSC hasta el momento convierte a sus responsables en una especie de mojigatos a los que, en realidad, se pone en su puesto únicamente para que lo hagan bonito, y a los que, ante cualquier conflicto de intereses, basta simplemente con recordarles quién paga su sueldo. El caso Volkswagen es la prueba evidente de que la RSC debe reinventarse desde su base"

3.3.3.CASO IBM – BANCO NACIÓN

IBM ARGENTINA: Nuestra Propuesta de Valor

Nuestra Visión

Ser la compañía elegida por nuestra innovación, soluciones, productos y servicios. Ser reconocida por la calidad humana y profesional de nuestra gente y por nuestra contribución a la comunidad.

Nuestras Misión

Ayudar a nuestros clientes a alcanzar sus metas de negocio proveyéndoles servicios y soluciones innovadoras

Nuestros Valores

- Dedicación al éxito de nuestros clientes
- Innovaciones que tiene importancia
- Confianza y responsabilidad en cada relación

Se refiere al Proyecto Centenario (1994) cuyo objetivo era informatizar a 525 sucursales del Banco Nación. La consultora Deloitte & Touche fue contratada por el banco para brindar asesoramiento en cuanto a los servicios e insumos que deberían contratarse para ejecutar el proyecto, para diseñar el pliego de bases y condiciones y para verificar el posterior cumplimiento de los servicios a cargo de IBM, cuya comprobación era necesaria para que el Banco Nación ordenara los pagos correspondientes.

En la investigación iniciada oportunamente se probaron que existió un acuerdo previo entre IBM y funcionarios del Banco Nación para garantizar que la empresa fuera contratada por 250 millones de dólares, en lugar de los 129 millones que el proyecto requería. A cambio de esto, la empresa recompensó a funcionarios de alta jerarquía del banco con pago de sobornos. La existencia de los sobornos se vio confirmada por las declaraciones de dos funcionarios de alta jerarquía dentro del banco, quienes confesaron haber recibido dinero en concepto de "gratificación" de parte de IBM, el cual fue depositado en diferentes cuentas en el exterior.

Esta contratación irregular produjo defraudación a la administración pública, evasión tributaria y perjuicio económico al estado argentino. Estos delitos no sólo no cumplieron con la legislación y normas vigentes sino que manifestaron una notable contradicción entre el proceder de IBM y lo que manifiesta en su Visión cuando quiere ser reconocida por la profesionalidad de sus equipos y su contribución a la comunidad.

4.CONCLUSIONES

Del análisis de los casos precedentes, que abarcan casos globales (VW), regionales (ODEBRECHT) y locales (IBM) surgen temas para reflexionar, que deberían considerar tres aspectos:

4.1. Los paradigmas motivacionales no son suficientes para garantizar una participación ética e integral

La falta de autenticidad y transparencia que muestran los casos anteriores revelan que solamente existe el paradigma del interés propio, porque el involucramiento llega de acuerdo a los beneficios obtenidos sin considerar el deber y la ética. Esta carencia de excelencia o virtud a través de la maximización de los beneficios quita la posibilidad de la contraprestación a la comunidad que atiende la empresa además de no incurrir en las prácticas correctas de la RSE.

4.2. La cooperación público-privada

Esta finalidad sostenida entre el sector empresarial y el gubernamental desde hace más de cincuenta años está demasiado basada en el cálculo costo-beneficio y tiende al cumplimiento mínimo de las normativas vigentes. Además en nuestra región no están consolidadas ni la beneficencia ni la filantropía como se practica en la cultura sajona. Parecería que sólo el cumplimiento del deber no restituye lo que la comunidad otorga a las empresas. De esta manera el intercambio es limitado y la empresa no asume riesgos en este campo.

4.3. La necesidad de relacionar el concepto RSE con los resultados económicos, ecológicos y sociales ("triple bottom line")

La excelencia llevaría a diseñar modelos de cooperación público-privado más estables y que permitan predecir comportamientos con mayor facilidad. Para que estas capacidades estén al alcance de todas las empresas deberían equiparar la finalidad social a las otras dos. La dimensión política de la empresa, por su intercambio con la sociedad, en conexión con la búsqueda del bien común por parte de los gobiernos, deberían desembocar al logro de un desarrollo integral con aportes similares de los beneficios privados hacia las demandas económicas, ecológicas y sociales. Para conseguir este paradigma virtuoso en un plazo media debería producirse una catálisis integradora hacia el desarrollo sustentable en las relaciones público-privadas.

5.REFERENCIAS

[1] Arnold, D.G. (2003) Libertarian theories of the Corporation and Global Capitalism, Journal of Business Ethics.

[2] Asgary, N. y Mitschow, M.C. (2002) Toward a model for international Business Ethics, Journal of Business Ethics.

[3] Bowie, N.E. (1988) The moral obligations of international corporations, Problems in international justice, Westview Press, London.

- [4] Carroll, A.B. (1991) The pyramid of Corporate Social Responsibility: Toward the moral management of organizational stakeholders, Business Horizons.
- [5] Carroll, A.B. (2008) Global codes of conduct, Encyclopedia of business ethics and society, Sage Publications.
- [6] De George, R.T. (1993) Competing with integrity in international business, Oxford University Press, Oxford.
- [7] Donaldson, T. (1989) The ethics of international business, Oxford University Press, New York.
- [8] Elfstrom, G. (1991) Moral issues and international corporations, Macmillan.
- [9] Flemish, R. y Trevino, L.K. Google goes to China: Managing business ethics, John Wiley & Sons.
- [10] Ghoshal, S. (2005) Bad Management Theories are Destroying Good Management Practices, Academy of Management Learning & Education.
- [11] Kline, J.M. (2005), Ethics for international business: Decision-making in a global political economy, Routledge, New York.
- [12] Moore, G. (2009) Virtue ethics and business organizations, Normative theory and business ethics, Rowman & Littlefield Publishers.
- [13] Paladino, M. (2004) La Responsabilidad de la Empresa en la Sociedad: Construyendo la Sociedad desde la Tarea Directiva, IAE Press, Emecé. Buenos Aires, Argentina.
- [14] Papini, C. N. (Noviembre 2015, Buenos Aires, Argentina) De la Responsabilidad Social Empresarial al desarrollo sustentable" en pág. 220 a 222, Reflexión Académica en Diseño y Comunicación N°XXVI, [ISSN:1668-1673].
- [15] Pinkston, T.S. and Carroll, A.B. (1996) A retrospectiva examination of CSR orientations: have they changed?, Journal of Business Ethics.
- [16] Rocha, H. O. (2008) Las Teorías y la Práctica del Management son una Fuerza para el Bien: La Contribución de Sumantra Ghoshal, Empresa y Humanismo.
- [17] Wartick, S. L. (2002) Measuring Corporate Reputation: Definition and Data, Business and Society .

Estudio de las Decisiones de Producción Agrícola

(*)Gonzalez Xavier Ignacio; ⁽¹⁾Ramos, Silvia; ⁽²⁾ Rojo, Horacio;
⁽³⁾ Castellini, María Alejandra

*Facultad de Ingeniería, Departamento Gestión, Grupo Investigación en Gestión Industrial, UBA
1127. (*)xavierign@gmail.com; ⁽¹⁾silviaadrianaramos@gmail.com; ⁽²⁾hrojo38@hotmail.com
⁽³⁾alejandracaastellini@gmail.com;*

RESUMEN.

En este trabajo se presenta un avance del proyecto de aplicación de la Metodología de Decisiones Robustas en la Producción Agrícola. El proyecto de investigación al cual pertenece el trabajo tiene como objetivo general la construcción de un modelo de decisión para la producción agrícola aplicando la citada metodología, de modo de determinar qué porcentaje de terreno disponible se va a destinar para producir determinado cultivo y con determinadas opciones de producción en términos de genotipo, fertilizante y fecha de siembra. Las diferentes asignaciones de Cultivo-Manejos constituyen las Estrategias del modelo y derivaron en diferentes resultados económicos dependiendo de dos factores de incertidumbre: las condiciones climáticas y el precio de los cultivos. Dichos factores de incertidumbre se incorporaron al modelo de decisión como Escenarios de acuerdo a la metodología de las Decisiones Robustas.

Palabras Claves: Producción Agrícola, Decisiones Robustas, Investigación de Operaciones,

ABSTRACT

This paper presents an advance in the project of application of the methodology of Robust Decisions in agricultural production. The research project in which the present work is included has as general objective the construction of a decision model for agricultural production applying the aforementioned methodology, in order to determine what percentage of available land is going to be used to produce a given crop and with certain production options in terms of genotype, fertilizer and date of sowing. The different Crop-Management allocations constitute the Model Strategies and resulted in different economic outcomes depending on two factors of uncertainty: climatic conditions and crop prices. These uncertainty factors were incorporated into the decision model as Scenarios according to the Robust Decisions methodology.

Key Words: Agricultural Production, Robust Decisions, Operations Research,

1. INTRODUCCIÓN

El análisis y estudio de las decisiones se ha convertido en una de las ramas de más desarrollo en los últimos años dentro de la Economía, la Administración, la Ingeniería y la Psicología. Su interés surge de una necesidad descriptiva –conocer cuáles son los mecanismos que las gobiernan para predecir el comportamiento humano– y de una necesidad normativa –proveer de una metodología para la correcta elección entre diferentes alternativas o estrategias con el objeto de acercarse a un resultado deseado–.

Para la toma de buenas decisiones, el decisor debe enfrentar una dificultad cada vez mayor en la interpretación de la realidad y en el modelado de sistemas complejos. Entre otras dificultades, las decisiones se toman con la presencia de riesgo e incertidumbre y los modelos de decisiones bajo estas condiciones que han sido estudiados a lo largo del tiempo centran su interés en aquellas decisiones cuyo resultado final depende fuertemente de factores de los que no se tiene certeza o que se desconocen.

Por otra parte, en la búsqueda de soluciones para un problema real, los responsables de tomar las decisiones por lo general aspiran encontrar las mejores soluciones posibles, es decir, las soluciones óptimas y para ello los modelos y métodos de optimización disponibles les permiten identificarlas y tomar decisiones basadas en ellas. No obstante, la presencia de incertidumbre en el contexto de una situación real es un factor que dificulta la búsqueda de buenas soluciones.

Históricamente, la forma de modelar los factores de incertidumbre del contexto es representarlos mediante distribuciones de probabilidad las cuales se incorporan en una función de satisfacción relacionada con el retorno económico y se efectúa una optimización para encontrar la alternativa que maximice el valor esperado de esa función.

No obstante hay situaciones en las cuales no existen distribuciones de probabilidad que puedan generar decisiones confiables y por ello ha surgido el concepto de robustez como un criterio adecuado para identificar alternativas en estas situaciones. Un camino posible para generar estas alternativas es aplicar la Metodología de Decisiones Robustas (MDR) que permitan limitar el riesgo.

Existe literatura actualizada que ha tratado en profundidad el tema de la MDR, como Bryant *et al.* [1], González, X [2]; Kasprzyk *et al.* [3], Lempert *et al.* [4], Lempert *et al.* [5], Lempert *et al.* [6], Letson *et al.* [7], Stakhiv [8] y Ullman [9], que aborda situaciones reales en diversas condiciones de incertidumbre.

En el caso particular de la producción agrícola es de gran interés la aplicación de estos modelos a las decisiones de asignación de tierra entre los distintos cultivos, porque al momento de decidir existe gran incertidumbre, principalmente sobre las condiciones climáticas y de precios que determinan su resultado económico. El conocimiento de un modelo de decisión adecuado para este tipo de decisiones ayudaría a informar a los productores sobre sus opciones de producción y esto redundaría en la obtención de mejores resultados y menos riesgo para sus producciones.

La aplicación de la MDR a la producción agrícola ha sido tratado en González [2] donde el autor expresa que los sistemas de producción agrícola son sistemas complejos en los que el resultado final depende de muchos factores sobre el estado futuro del mundo que son desconocidos y por lo tanto es necesario explorar metodologías diferentes a la tradicional de optimización, tales como la MDR, cuyo objetivo principal no es encontrar la mejor solución, en términos de valor esperado, sino más bien una solución aceptable para cualquier contexto posible y luego señala los pasos a seguir en la aplicación de la MDR sobre el problema de la producción agrícola. En esta oportunidad se presenta una descripción más detallada de los pasos de la metodología y se comentan algunas conclusiones obtenidas a partir de ellos.¹

2. METODOLOGÍA DE DECISIONES ROBUSTAS

El proyecto toma como marco teórico a la formulación matemática de la MDR propuesta por Lempert *et al.* [4], la cual propone que, en un proceso de toma de decisiones dentro de un conjunto de m posibles estrategias i (S_i), con i de 1 a m , el decisor debe seleccionar una estrategia dentro de un contexto definido por un conjunto de n escenarios j (F_j), con j de 1 a n , donde cada escenario está determinado por una combinación de factores de incertidumbre, lo cual hace que el resultado de la aplicación de cada estrategia i en cada escenario j produzca un resultado R_{ij} sobre el cual no hay certeza.

Una vez definidos los escenarios y estrategias (i y j), todas las combinaciones de elementos entre estos dos conjuntos son evaluados según los métodos propuestos por Lempert *et al.* [5], donde la MDR se define como un proceso iterativo de decisión analítica que ayuda a

¹ El artículo fue elaborado a partir de los resultados obtenidos en el proyecto interdisciplinario de investigación de la UBA, convocatoria UBACyT 2012 - 2014 identificado con el código 20620110200016 y de las líneas de investigación posteriores establecidas en el proyecto interdisciplinario de investigación de la UBA, convocatoria UBACyT 2014 - 2017 identificado con el código 20620130100024BA

identificar estrategias robustas candidatas, caracterizar sus vulnerabilidades y evaluar otras alternativas que sean más robustas cuando las candidatas sean vulnerables.

Los pasos propuestos en la metodología son los siguientes:

1. Definir el conjunto de posibles m estrategias i
2. Definir el conjunto de n escenarios j posibles para ser considerados
3. Elegir una métrica para evaluar el resultado de todas las combinaciones entre las estrategias i y escenarios j
4. Seleccionar una estrategia robusta candidata inicial.
5. Identificar un subconjunto de escenarios, denominados buenos, en los que la estrategia candidata tiene buen desempeño y otro conjunto de escenarios, denominados malos, en los que la estrategia candidata es vulnerable pues tiene mal desempeño.
6. Identificar un subconjunto de nuevas estrategias candidatas robustas que pertenecen a la denominada frontera de mejor rendimiento para escenarios buenos y para escenarios malos y del subconjunto evaluar la conveniencia de seleccionar una u otra según sus vulnerabilidades y concesiones mutuas (*tradeoff*) y si la candidata elegida es diferente a la anterior, volver a iterar desde el punto 5.

3. APLICACIÓN AL CASO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

En esta sección se desarrollan los pasos de la metodología aplicados al caso de la producción agrícola tomando como unidad de análisis a un terreno en el partido de Pergamino, Provincia de Buenos Aires.

Paso 1. Definición de las Estrategias

La decisión del agricultor consiste en la selección de alternativas de producción expresadas en términos de cultivos (por ejemplo, maíz, soja, trigo o la combinación de algunos de ellos) y su paquete tecnológico (por ejemplo, la fecha de siembra, nivel de fertilización, densidad de siembra entre otras alternativas). Todas estas alternativas se agrupan en el concepto de Cultivo-Manejo (CM). En base a la información proporcionada por los miembros del grupo GIDESA de la Facultad de Agricultura se consideraron 6 alternativas de CM que se denominarán CMc, con c de 1 a 6, las que se explican en González, [2], se indican a continuación y se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1 Detalle de los 6 Cultivo-manejo considerados

	Genotipo	Fecha Siembra	N Adic. (kg ha ⁻¹)	Densidad Siembra (pl m ⁻²)	Identificador
Maíz	DK682	15-Sep	100	8	CM1(Ma1)
		15-Oct	60	6,5	CM2(Ma2)
Soja	DM3700	15-Oct			CM3(Soy1)
	DM4800	25-Nov			CM4(Soy2)
Cultivo doble Soja-Trigo	WHEAT			SOY	
	D. Enrique	01-Jul	40	Genotipo: DM4800 Fecha de siembra 20 días después del Trigo	CM5(SW1)
	Guapo	01-Jun	80		CM6(SW2)

CM1 - maíz con identificador 1 (Ma1)

CM2 - maíz con identificador 2 (Ma2)

CM3 - soja con identificador 1 (So1)

CM4 - soja con identificador 2 (So2)

CM5 - combinación de soja y trigo con identificador 1 (SW1)

CM6 - combinación de soja y trigo con identificador 2 (SW2)

Además cada terreno se considera factible de ser subdividido en seis parcelas por lo cual las posibles estrategias son el resultado de la combinación de cada uno de los 6 CMc para cada una de las seis parcelas en las que el terreno está dividido, lo que resulta un total de 462 posibles estrategias para la elección del agricultor. Estas estrategias están parcialmente expuestas en la Tabla 2, donde cada estrategia tendrá una fracción Xc de CMc, con lo cual Xc será una fracción de denominador 6, dado que hay 6 parcelas de terreno. En Rojo *et al.* [12] se pueden encontrar explicitadas las 462 estrategias desplegadas.

Tabla 2 Estrategias y su estructura de los Cultivo Manejo

Estrategia i	CM1	CM2	CM3	CM4	CM5	CM6
1	1	0	0	0	0	0
2	5/6	1/6	0	0	0	0
3	2/3	1/3	0	0	0	0
...	...	...	...	...	...	...
195	0	0	0	1/2	1/2	0
...	...	...	...	...	...	...
461	0	0	0	0	1/6	5/6
462	0	0	0	0	0	1

Paso 2. Definición de los escenarios

Una vez que el productor elige una estrategia, por cada CMc (de acuerdo a la superficie de tierra que se le asigna en la Tabla 2 se obtendrá un ingreso al final del período que será función del precio de venta expresado en \$/ton y del rendimiento de cada CMc indicado en ton/ha, rendimiento que a su vez es función de las condiciones climáticas imperantes. Estos dos factores (condiciones climáticas y niveles de precio) son los que aportan incertidumbre al modelo y configuran los escenarios a considerar.

Las condiciones climáticas se incorporan mediante la simulación de los rendimientos que utilizan modelos específicos de crecimiento de cultivos agrícolas, ver Jones *et al.* [10] y Podestá *et al.* [11]. Estos modelos se alimentan con datos climáticos históricos diarios junto con las características del CMc y devuelven rendimientos en ton/ha de cultivo.

En Rojo *et al.* [12] se puede ver la serie histórica de los precios y los resultados de la simulación para los períodos completos. La cantidad total de los escenarios a tener en cuenta resultan de la combinación de precios y rendimientos de los años históricos. Si se tienen en cuenta los precios relativos a un período de 27 años (1983-2009) y los rendimientos correspondientes a un período de 77 años (1931-2007), hay un total de $27 * 77 = 2.079$ escenarios a considerar.

Siendo el volumen de la producción de cultivos en la zona considerada (Pergamino, Provincia de Buenos Aires) insignificante en comparación con la producción mundial, es razonable pensar que las condiciones climáticas en esa zona no afectan o lo hacen de forma casi imperceptible a los precios internacionales, los cuales se basan en existencias y demandas en todo el mundo. La falta de correlación entre los niveles de precipitación de la zona de Pergamino y el precio internacional de la soja puede ser probada. Por ejemplo, utilizando el índice estadístico de correlación R, si se consideran los niveles de precipitación y la serie internacional de los precios de la soja para los años 1983 a 2009, se obtiene un R muy bajo y negativo ($R = -0,266$), lo cual evidencia la falta de correlación entre las variables.

En base a lo expresado, al no estar relacionados la serie de datos históricos del clima y la serie histórica de los precios, estos se pueden combinar para generar los escenarios.

En resumen, se establecen 2079 escenarios combinando independientemente series históricas de precios y series históricas de variables climáticas para capturar en los escenarios dos aspectos que aportan incertidumbre al resultado de la decisión: condiciones de precios y condiciones climáticas.

Si bien el hecho de tomar datos históricos sin ningún tratamiento para simular escenarios posibles puede considerarse discutible, no se ha encontrado en la bibliografía trabajos que concluyan que las condiciones climáticas siguen alguna tendencia específica. Por ejemplo no se tiene conocimiento acerca de trabajos que arrojen como resultado que hay cada vez más sequía en la zona de Pergamino, o que la temperatura máxima es cada vez más alta, etc.

Algo similar ocurre con los precios. Si bien para la elaboración de este trabajo se han tomado series históricas más cortas (1983-2009 para precios vs. 1931-2007 para clima), en ese periodo de tiempo tampoco se ha encontrado ningún análisis, ni se ha podido concluir en el grupo de investigación, que los precios sigan alguna tendencia específica. Por ejemplo, el precio del maíz del año 1984 a dólar constante deflacionado difiere del precio del mismo cultivo en el año 2009 en menos del 1,2 %. La formación de precios de los cultivos es un mecanismo complejo por

lo cual no es fácil, ni es el objetivo del trabajo, el establecer alguna predicción para los escenarios futuros.

Otros componentes como la tecnología o la capacidad técnica del productor son consideradas como una realidad y no son tomadas en cuenta como variables que aporten incertidumbre al rendimiento.

Paso 3. Elección de la Métrica para evaluar cada estrategia en cada escenario

Para evaluar las combinaciones de estrategias y escenarios se necesita disponer de una métrica que represente de manera satisfactoria lo favorable que es el resultado de una estrategia particular para un determinado escenario. Esta medida podría ser directamente el margen de una estrategia, como diferencia entre ingresos y costos, por lo que se asociaría un alto margen con un buen resultado. Sin embargo, sería posible que en un escenario todas las estrategias tuvieran altos márgenes, mientras que en otro escenario todas las estrategias tuvieran bajos márgenes, lo cual obliga a definir una métrica que sea relativa al escenario y para ello se selecciona un nuevo indicador denominado “*regret*” (arrepentimiento o lamento). El *regret* para cada estrategia *i* en cada escenario *j* es la diferencia entre el margen máximo posible de otra estrategia *k* para el mismo escenario *j* y el margen de la estrategia *i* en el escenario *j*.

A continuación se desarrolla el proceso para expresar el *regret* de cada estrategia *i*. Para ello se necesita expresar el margen de cada estrategia *i* y previamente expresar el ingreso bruto y el margen de cada CMc.

a. Ingreso Bruto de cada CMc

Dado un CMc con *c* = 1 a 6, el nivel de precios correspondiente al año *m* y un rendimiento dependiente de las condiciones climáticas correspondientes a un año *n*, el ingreso bruto de \$/ha que recibe el productor por cada CMc es:

$$\text{Ingreso Bruto CM}_c(m, n) = \text{Precio CM}_c(m) * \text{Rendimiento CM}_c(n) \quad [1]$$

donde son: *c* = 1 a 6; *m* = 1 (1983) a 27 (2009); *n* = 1 (1931) a 77 (2007)

b. Margen de cada CMc

El productor debe asumir los costos, tanto los fijos directos como los variables y los de estructura (todos en \$/ha).

Los costos fijos directos CFCMc son función de CMc y corresponden al costo de las semillas, al costo de los productos químicos y al costo de la mano de obra para la siembra.

Los costos variables CVCMc se asume que dependen directamente de la función del rendimiento de la producción CMc e incluyen los costos de recolección, transporte y comercialización y son representables mediante un costo unitario adimensional: CVuCMc.

Los costos de estructura CECMc consideran el alquiler del terreno y el asesoramiento técnico.

En consecuencia, el margen neto (en \$/ha) que el productor recibe de cada CMc, considerando el nivel de precios correspondiente al año *m* y un rendimiento dependiente de las condiciones climáticas correspondientes a un año *n*, es:

$$\text{Margen Neto CM}_c(m, n) = \text{Ingreso CM}_c(m, n) * (1 - \text{CVuCM}_c) - \text{CFCMc} - \text{CECM}_c \quad [2]$$

con *c* = 1 a 4; *m* = 1 (1983) a 27 (2009); *n* = 1 (1931) a 77 (2007)

Como ejemplo parcial, en la Tabla 3 se muestra el margen neto para los CMc 1 y 6 y los escenarios 1 y 2079

c. Margen de cada Estrategia

Para el cálculo de margen de cada estrategia *i* en el escenario *j* se multiplica cada fila *i* de la matriz de estrategias-estructura de CMc indicada en la Tabla 2, de 462 filas (estrategias) y 6 columnas (CMc), por cada columna *j* de la matriz de escenarios-margen de los CMc indicada en la Tabla 3, de 6 filas (CMc) y 2079 columnas (escenarios), y se obtiene una matriz de 462 filas (estrategias) y 2079 columnas (escenarios) que contienen los márgenes de cada una de las 462 estrategias en cada uno de los 2079 escenarios, $MS_{i,j}$ (en \$/ha):

$$MS_{i,j} = \sum_{c=1}^6 \text{EstructuraCM}_c * \text{MCM}_c \quad [3]$$

$i = 1 \text{ a } 462; \quad j = 1 \text{ a } 2079$

Tabla 3 Escenarios y margen de los Cultivo Manejo

Escenario j:	1		2079
CM1	33,515		- 112,499
.....			
CM6	- 76,589		- 272,122

d. Regret de cada estrategia

En función de todo lo anterior, el *regret* de la estrategia *i* en el escenario *j* es:

$$\text{Regret}_{i,j} = \max_{k=1 \text{ a } 462} \text{MS}_{k,j} - \text{MS}_{i,j} \quad [4]$$

Como una muestra parcial, en la Tabla 4 indica los *regrets* de las Estrategias # 195, # 205, # 203 y # 198 para algunos de los escenarios *i* = 1, *i* = 584 (*regret* mínimo), *i* = 1037 (*regret* máximo), *i* = 2079. El *regret* para todos los escenarios se puede encontrar en Rojo et al. [12].

Tabla 4 *Regret de las #195, #198, #203 y #205 en \$/ha*

Escenario	Estrat #195	Estrat #198	Estrat #203	Estrat #205
1	37,3	37,7	31,4	25,1
.....	..	...	...	
584	0,3	67,9	34,1	0,2
...			...	
1037	859,1	593,5	708,2	882,9
.....				
2079	146,6	212,6	204,0	195,5
Regret 3Q	146,34	160,7	155,5	151,0

Paso 4. Selección de la estrategia candidata inicial

Uno de los criterios para la selección de una estrategia inicial candidata es seleccionar aquella que tenga el nivel más bajo de *regret*. Dado que cada estrategia tiene un valor de *regret* para cada escenario, la pregunta es cuál escenario debe ser considerado. Una opción muy conservadora sería tomar para cada estrategia *i* su peor escenario (máximo *regret*) y luego elegir la estrategia que minimiza el *regret* máximo. Con este enfoque, la estrategia robusta inicial sería la # 159 cuyo *regret* máximo es de 553,90 \$/ha.

Una opción menos conservadora es la sugerida en la literatura de la MDR que consiste en elegir la estrategia con el valor más bajo del tercer cuartil (3Q) de la distribución de *regrets*:

$$\text{Regret}_{3Q_i} = 3^{\text{ercuartil}} R_{i,j} \quad [5]$$

$j = 1 \text{ a } 2079$

Con este criterio la estrategia *i* seleccionada sería:

$$i / \text{Min Regret}_{3Q_k} \quad [6]$$

$k = 1 \text{ a } 462$

La estrategia robusta inicial sería entonces la # 195 (resaltada en la Tabla 2, cuyo valor 3Q de *regret* es 146,34 \$/ha como se muestra en la Tabla 4.

Las ecuaciones [1] a [6] sintetizan la formulación matemática del modelo MDR planteado.

Paso 5. Clasificación de escenarios en los que la actual estrategia candidata es vulnerable

El criterio para seleccionar como estrategia candidata inicial aquella que tenga el menor tercer cuartil del valor del *regret* se tomó de Lempert [4] y es sólo un ejemplo de otros criterios igualmente válidos. Los cuartiles son los tres valores que dividen un conjunto de datos ordenados en cuatro partes porcentualmente iguales. El tercer cuartil (3Q) se conoce como la mediana de la segunda mitad de valores, desde el punto de vista estadístico.

La idea central de los Pasos 5 y 6 del MDR es estudiar en detalle las vulnerabilidades de las estrategias consideradas como candidatas. Estas estrategias candidatas también podrían ser las alternativas que los productores suelen elegir o cualquier otra estrategia que quienes toman las decisiones desean investigar.

Si bien en el Paso 4 se ha elegido la estrategia # 195 como candidata inicial, ya que es la que cuenta con el valor 3Q más bajo de *regret*, presenta un valor de *regret* diferente para cada uno de los 2.079 escenarios considerados. Es decir, habrá algunos escenarios en los que tiene buen comportamiento y su *regret* es bajo, existirán otros en los cuales tiene mal comportamiento por lo que muestra un *regret* alto y, finalmente, podrá haber algunos escenarios en los que la estrategia es la mejor posible y por lo tanto el *regret* es cero. Además en el 25% de los escenarios más desfavorables para la estrategia # 195 presenta un *regret* superior a 146,34 \$/ha., porque este es el valor que se corresponde con el 3Q de distribución. Resulta razonable considerar entonces que la estrategia # 195 tiene un resultado desfavorable cuando el *regret* es mayor que el valor 3Q y por ello los escenarios en los que el *regret* es superior se consideran "malos" (el 25 %) mientras que los escenarios restantes (el 75 %) se consideran "buenos".

Por otra parte, en la construcción de los escenarios utilizados en la simulación se trabajó con los datos de precios y de climas históricos, a partir de los cuales se estimaron los rendimientos

de los cultivos. A su vez, cuando el responsable de tomar las decisiones busca analizar el comportamiento de la estrategia candidata a través de sus vulnerabilidades, estará interesado en detectar qué características tienen en común esos escenarios "malos". Para entender cómo separar los escenarios buenos y malos, se diseñó un algoritmo de árbol de clasificación. A partir de los datos incorporados en la simulación se puede entender cuáles son los escenarios "malos". Por ejemplo, se puede observar en la Tabla 4 que la estrategia # 195 funciona mal cuando se considera el clima de 1967 y los precios de 1989, ya que el valor *regret* calculado es superior a 146,34 \$/ha. No obstante, esta información no es útil en esos términos, porque lo que interesa al decisor agrícola es detectar si en el futuro escenario la estrategia candidata devolverá un resultado insatisfactorio o no.

Con ese objetivo, en este paso se exploran cuáles son las vulnerabilidades de la selección de la estrategia candidata #195, es decir cuáles son las condiciones generales del contexto que llevarían a una performance económica poco satisfactoria.

Podemos entonces ordenar los escenarios según el valor de regret de acuerdo con la selección #195. Los que tengan mayor valor serán aquellos en los que la estrategia candidata funciona mal y viceversa. Como la intención es extraer características de los escenarios en donde la performance de la candidata es mala, se puede etiquetar como 'malos' los escenarios en donde el regret es alto. Más precisamente y siguiendo el criterio del 3er cuartil, se puede etiquetar como 'malos' al 25% de los escenarios de mayor valor de regret y etiquetar como buenos el 75% restante.

Una vez identificados los escenarios 'malos', es decir aquellos en donde la estrategia candidata tiene mala performance, el siguiente paso es aplicar algoritmos de aprendizaje automático para extraer las características generales que lleven a la estrategia #195 a un mal resultado.

Existen muchos algoritmos de exploración de datos que sirven para este fin y se ha elegido el algoritmo Árbol de Decisión por su simplicidad de aplicación y la fácil interpretación de su resultado. Se hace una implementación en R, utilizando la librería "*rpart*", de Therneau, T. *et al.* [13].

Se toma como data set de input una matriz cuyas observaciones son cada uno de los 2079 escenarios. Los atributos o variables de los escenarios son las precipitaciones, los precios del maíz, de la soja y del trigo. En la Tabla 5 se muestran los valores de estos cuatro factores para los escenarios $j = 1$, y $j = 2079$. El target que se tomará para la clasificación será si es 'bueno' o 'malo' para la estrategia #195.

Tabla 5 Precios en \$/Ton y precipitaciones en mm según escenarios

Escenario	Precio Maíz	Precio Soja	Precio Trigo	Precipitación
1	108,03	214,55	121,4	574,9
...				
2079	106,82	252,37	117,55	526,52

El árbol de clasificación resultante se muestra en la Figura 1.

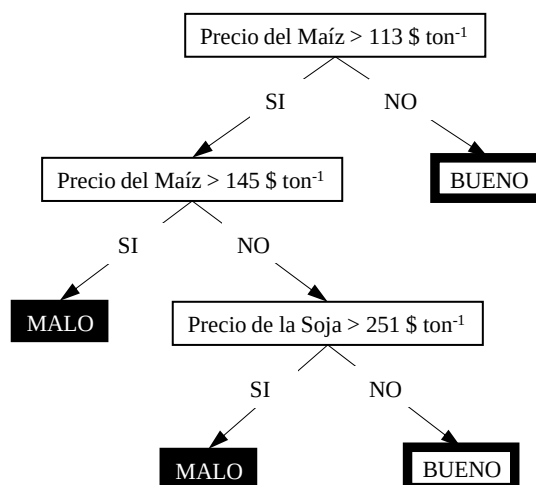


Figura 1 Árbol de decisión que identifica y valida los escenarios buenos y malos para la estrategia 195.

De él puede leerse que, para el algoritmo, la estrategia #195 será una buena decisión siempre y cuando el precio del maíz sea < 113 \$ ton-1. En cambio si el precio del maíz es > 145 \$ ton-1, entonces la elección llevará generalmente a un resultado insatisfactorio. Si el precio del maíz está entre 113 y 145 \$ ton-1, entonces dependerá del precio de la soja. Si este último está por encima de los 251 \$ ton-1, entonces la decisión habrá sido mala y en el caso de que sea menor, entonces la decisión habrá sido buena. Tanto las precipitaciones como el precio del trigo, para el algoritmo parecen no tener influencia sobre el resultado de la estrategia candidata.

Es lógico pensar que la variable más importante para la clasificación de la estrategia #195 sea el precio del maíz ya que en su distribución solo tiene Soja y Trigo Soja combinado. Si el precio del maíz es alto, entonces estrategias con más maíz deberían ser preferidas.

Con esto se identifican las vulnerabilidades, en términos del espacio de variables de contexto, que llevarán a la estrategia candidata a una mala performance. En el siguiente paso de la búsqueda de estrategias robustas se intenta mitigar ese riesgo, mediante la propuesta de nuevas estrategias candidatas que pueden mejorar la cobertura para escenarios en los que la anterior estrategia candidata es vulnerable.

Paso 6. Identificación de la frontera de mejor rendimiento con nuevas estrategias robustas candidatas y evaluar la conveniencia de seleccionar una u otra según sus vulnerabilidades

Una vez realizado el proceso de clasificación de escenarios, el conjunto total de éstos queda dividido en dos grupos: aquellos en que la Estrategia # 195 funciona bien son clasificados dentro del grupo “bueno” mientras que en aquellos clasificados dentro del grupo “malo” hay otras estrategias alternativas que funcionan mejor, situaciones que evidencian los riesgos asociados con la selección de la estrategia #195.

En el Paso 6 se intenta buscar estrategias alternativas que tengan una mejor performance en ese espacio de variables de contexto, sin sacrificar mucho retorno en los otros escenarios (*tradeoff*). Para ello se mide la *performance*, en términos de R3Q, de cada una de las 462 estrategias, calculadas separadamente para los escenarios buenos y malos. Se representan los resultados en un gráfico “xy”, en el cual se indica el valor de regret en escenarios ‘buenos’ en el eje “x” y el valor de regret en los ‘malos’ en el eje “y”, tal como se muestra en la Figura 2.

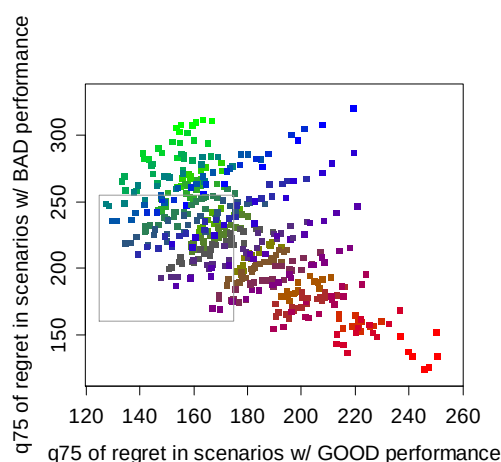


Figura 2 *Dispersión de estrategias de acuerdo a su regret en buenos y malos escenarios*

Por ejemplo, la estrategia #195 aparece en el gráfico de la Figura 3 arriba a la izquierda con un *regret* 3Q cerca de 127 \$/ha para los escenarios buenos y con un *regret* 3Q, obviamente mayor, de 248 \$/ha para los malos. Como fue implementada la clasificación, es de esperar que justamente la estrategia #195 tenga una buena performance –bajo valor de R3Q- en escenarios ‘buenos’ y una mala performance –alto valor de R3Q- en escenarios ‘malos’ y además se verifica que el *regret* 3Q de esa misma estrategia considerando todos los escenarios, que es de 146,34 \$/ha, queda comprendido entre los dos valores anteriores.

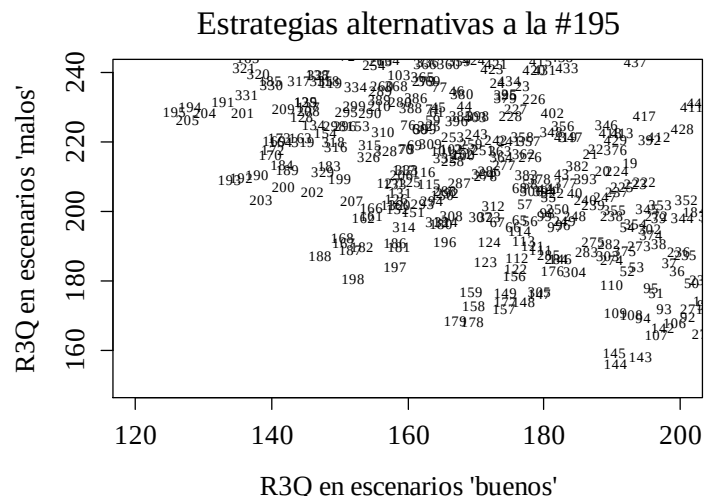


Figura 3 Corte de la Figura 1 para apreciar las estrategias pertenecientes a la frontera de mejor rendimiento: (# 195, # 205, # 193, # 203, # 188, # 198, # 179)

En general, una estrategia es preferible o dominante a otra si el valor de su *regret* 3Q es menor para ambos conjuntos de escenarios. El tomador de decisiones elige la mejor estrategia teniendo en cuenta el equilibrio entre los dos conjuntos de escenarios. Por ejemplo, suponiendo que los malos escenarios fueran probables, preferirá sacrificar algún resultado monetario en los buenos escenarios, si esta elección se traduce en un resultado más favorable para los malos escenarios. Así, por ejemplo, como puede verse en la Figura 3, la estrategia alternativa # 193 tiene un *regret* de 134 \$/ha para los buenos escenarios, 7 \$/ha mayor que el de la estrategia candidata original # 195. Sin embargo, para los escenarios malos el valor de *regret* es de 218 \$/ha, es decir, 30 \$/ha inferior. El cambio valdrá la pena si el tomador de decisiones considera que los malos escenarios son probables. Queda así delineada una curva de preferencia a través de las estrategias # 195, # 205, # 193, # 203, # 188, # 198 y # 179, cada una de ellas representando una asignación específica de la tierra, como se muestra en la Figura 3. Estas estrategias definen la frontera con mejor performance entre los escenarios considerados, en base a la cual se puede elegir una nueva estrategia robusta (frontera de preferencias).

Las distribuciones de CMc en el terreno correspondiente a las estrategias de la frontera pueden verse en la Figura 4 y se observa que a medida que se baja por la frontera de preferencia aumenta la asignación de maíz de la estrategia sugerida por el análisis.

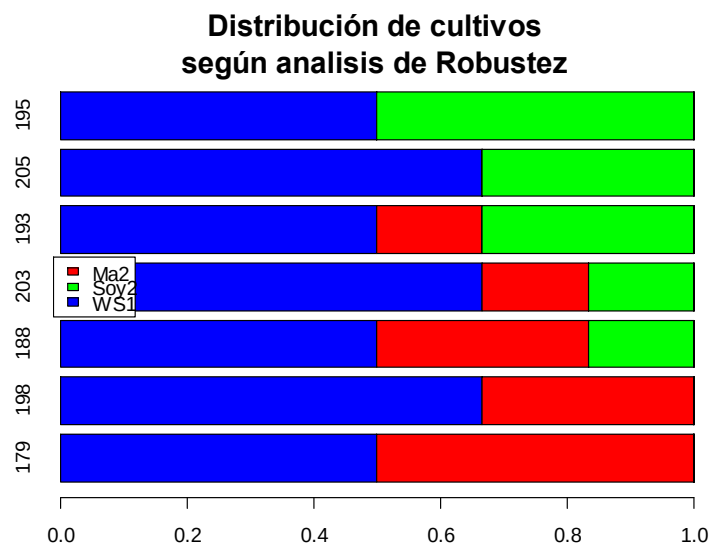


Figura 4 Porcentaje de asignación de CM en las partes de terreno para las estrategias de la frontera de mejor rendimiento (# 195, # 205, # 193, # 203, # 188, # 198, # 179), según ID de Tabla 1

4. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y AVANCES FUTUROS

El análisis precedente permite profundizar la investigación? (para no repetir análisis) de las vulnerabilidades de la estrategia inicial candidata (# 195) y encontrar nuevas candidatas que puedan compensar estas vulnerabilidades. Estas son # 205, # 193, # 203, # 188, # 198 y # 179 que junto a la # 195 conforman una frontera de preferencias. Cabe señalar que la # 205 también se puede obtener con un proceso de toma de decisiones tradicional, como la teoría de la utilidad, para un coeficiente de riesgo estándar. Pero, por ejemplo, las estrategias que contienen una proporción de maíz, que no suelen seleccionarse en un proceso tradicional, el nuevo análisis presentado, le permitiría al productor agrícola elegir, por ejemplo, la estrategia # 193 si quiere cubrirse de los malos resultados obtenidos en escenarios identificados en las secciones anteriores; como puede verse en la Figura 3.

Algunas limitaciones que presenta el modelo de decisión desarrollado son, por ejemplo:

- ✓ El modelo no considera las características propias de cada terreno. Aún en la zona de Pergamino existe una variedad tal en lo referente a perfiles de suelo que hace que la performance de un mismo cultivo-manejo difiera según el terreno aunque pertenezcan a la misma zona.
- ✓ La humedad en el suelo es un parámetro inicial del modelo y no se ajusta con las precipitaciones de la temporada anterior.
- ✓ Factores económicos como: el valor tiempo del dinero, el capital disponible del productor, la inflación, etc. no son consideradas por el modelo.
- ✓ Aspectos medioambientales de rotaciones de cultivos no son considerados, al igual que el desarrollo de plagas y malezas que pueden afectar el rendimiento.

Los próximos pasos previstos en el proyecto de investigación incluyen:

- ✓ Comparar los resultados de esta metodología de decisiones robustas con metodologías de soporte de decisión tradicionales.
- ✓ Poner a consideración de organizaciones de productores agrícolas (Grupos AACREA) la metodología y los resultados que se vayan obteniendo y con sus opiniones realimentar las líneas de trabajo del proyecto.
- ✓ Enfocar la aplicación de los resultados obtenidos como una herramienta adicional de trabajo de las autoridades del sector agrario argentino en la toma de decisiones a nivel macro para la definición y evaluación de políticas y estrategias que permitan orientar el desarrollo del sector.
- ✓ Coordinar con otros grupos de investigación que trabajan sobre temas similares aunque con otros enfoques.
- ✓ Evaluar la forma de incorporar estrategias adaptativas, es decir, que tienen en cuenta el proceso de decisión del año previo y el resultado tomado como entrada.
- ✓ Aplicar otros enfoques multidisciplinarios que integran Decisiones Robustas con Multiobjetivo; Decisiones Robustas y Análisis de Correlaciones; Decisiones Robustas y Modelos de Incertidumbre, Programación Lineal y Lógica Fuzzy.

5. REFERENCIAS

- [1] BRYANT, B. P., LEMPERT, R. J. (2010), "Thinking inside the box: A participatory computer-assisted approach to scenario discovery", *Technological Forecasting Social Change*, pp. 34 a 49
- [2] GONZÁLEZ, X (2012), "Aplicación de Decisiones Robustas a la asignación del uso de la tierra entre diferentes actividades agrícolas", *Anales XXV ENDIO - XXIII EPIO*, pp. 520 a 535, Ciudad Autónoma de Buenos Aires
- [3] KASPRZYK J. R., NATARAJ S., REED P.M., LEMPERT M. J. (2013), "Many objective robust decision making for complex environmental system undergoing change", *Environmental Modeling & Software*, pp. 1 a 17
- [4] LEMPERT R. J. et al (2006), "A General, Analytic Method for Generating Robust Strategies and Narrative Scenarios", *Management Science*, vol. 52, n° 4, pp. 514 a 525
- [5] LEMPERT R.J., COLLINS M.T. (2007), "Managing the risk of uncertain threshold responses: comparison of robust, optimum and precautionary approaches", *Risk Analysis*, vol. 27, núm. 4, pp. 1009 a 1026.
- [6] LEMPERT R.J., GROVES D.G. (2010), "Identifying and evaluating robust adaptive policy responses to climate change for water management agencies in the American west", *Technological Forecasting & Social Change*, pp. 960 a 974.
- [7] LETSON D., LACIANA C. E., BERT F. E., WEBER E. U., KATZ R. W., GONZALEZ X. I., PODESTÁ G. P., (2008), "Value of perfect ENSO phase predictions for agriculture: evaluating the impact of land tenure and decision objectives. Climatic Change"
- [8] STAKHIV, E. Z. (2011), "Pragmatic approach for the water management under climate change uncertainty", *Journal of the American water resources association*, vol. 47, N° 6, pp. 1183 a 1196.

- [9] ULLMAN G. (2006), "Making Robust Decisions: Decision Management for Technical, Business, & Service Teams", *Trafford Publishing*, Reino Unido.
- Therneau, T. E., Atkinson, E., (2014). *An Introduction to Recursive Partitioning Using the RPART Routines*. Mayo Foundation.
- [10] JONES J., TSUJI G., HOOGENBOOM G., HUNT L., THORNTON P., WILKENS P., IMAMURA D., BOWEN W., SINGH U. (1998), "Decision support system for agrotechnology transfer", Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 157-177
- [11] Podestá, G.P., Weber E.U., Laciana C, Bert F., Letson D. (2008), "Agricultural decision-making in the Argentine Pampas: modeling the interaction between uncertain and complex environments and heterogeneous and complex decision makers", en Kugler T, Smith JC, Connolly T, Son Y-J (eds.), *Decision modeling and behavior in uncertain and complex environments*, Springer optimization and its applications, vol. 21, pp. 57 a 78
- [12] ROJO H., RAMOS S. A., GONZÁLEZ X. I., RASPA L., WAINSTOCK A., KALMUS D. (2013)a: "Procedimiento para identificar estrategias iniciales en una metodología de decisiones robustas aplicada a sistemas agropecuarios", *Anales XXVI ENDIO - XXIV EPIO*, Ciudad de Córdoba.
- [13] Therneau, T. E., Atkinson, E., (2014). *An Introduction to Recursive Partitioning Using the RPART Routines*. Mayo Foundation.

DETERMINACIÓN DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN DE EMPRESAS DEL SECTOR PRIVADO Y PÚBLICO DEL SUR MENDOCINO

Llorente, Carlos (1); Romani, Bruno (2); Labanca, María (3); Romani, Giuliana (4); Moyano, Ariel(5)

carlosllorentearg@hotmail.com(1) bromani_frsr@hotmail.com(2) mari_labanca@hotmail.com(3) giulianaromani@hotmail.es(4) arielmoyano12@hotmail.com(5)

Grupo de Investigación Facultad Regional San Rafael, Universidad Tecnológica Nacional
Urquiza N° 317, San Rafael, Mendoza

RESUMEN

El crecimiento de las regiones está condicionado por la realización de nuevos proyectos de inversión tanto públicos como privados. Estos funcionan como elementos centrales en el desarrollo local y regional. No se tiene a la fecha información relativa a los criterios utilizados por las empresas privadas como públicas radicadas en la región sur de la provincia de Mendoza para la evaluación de nuevas inversiones. Se entiende que los criterios aplicables deberían contemplar aspectos vinculados a la rentabilidad y al riesgo intrínseco, pero se desconoce si estos aspectos son aplicados.

El presente proyecto de investigación apunta a identificar, clasificar y calificar las variables que influyen a la hora de la evaluación y de la decisión de inversiones de las organizaciones localizadas en el sur de la provincia de Mendoza. Al mismo tiempo, establecer el grado de conocimiento de los conceptos básicos aplicables a la evaluación de proyectos en organizaciones públicas y privadas.

El estudio fue realizado durante un período de veinticuatro meses, la investigación puede clasificarse como de tipo transversal, descriptiva y correlacional. La misma se efectuó siguiendo un modelo cuali y cuantitativo, con datos obtenidos a partir de encuestas.

Palabras Claves: inversión, proyectos, evaluación.

ABSTRACT

The regional development requires of public and private investment projects. Projects are essential for that objective. There is not information about public and private organizations in south Mendoza province respect ways to take investments decisions. It is supposed that rentability and intrinsic risks are essential at the moment of decisions, but it did not have precise information about that.

The present investigation has like objectives to identify, qualify and classify the more important variables in projects appraisal in south Mendoza province region. At the same time, to know the knowledge respect basic concepts referred to project appraisal in public and private organizations.

The study was performed during a period of twenty four months; the research can be classified as transversal, descriptive and correlational. This research was conducted following a qualitative and quantitative method, with data taken from the organizations and professionals in economic sciences.
Key words: investments, projects, appraisal.

TRABAJO FINAL

INTRODUCCIÓN

El desarrollo regional está condicionado por la realización de nuevos proyectos de inversión. Estos funcionan como elementos centrales del crecimiento. En el sur mendocino existen organizaciones públicas y privadas que desarrollan proyectos de distintos tipos, como ser ampliaciones, nuevos productos, mejoras, sustitución de equipamientos entre otros.

El objetivo central de presente proyecto de investigación ha sido realizar un relevamiento de información a nivel regional que ha permitido identificar los criterios utilizados por las empresas públicas y privadas del medio para la toma de decisiones de inversión.

Simultáneamente detectar el grado de conocimiento y aplicación de conceptos básicos recomendables para las evaluaciones de proyectos públicos y privados; y complementariamente establecer qué elementos condicionan a los decisores de inversiones.

Ha sido objeto de la investigación indagar respecto de la necesidad e interés general por la formación de funcionarios y ejecutivos en temas específicos de inversión.

HÍPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN Y MARCO TEÓRICO

1.1. Hipótesis de la investigación

A los fines del desarrollo del presente proyecto de investigación se han propuesto las siguientes hipótesis:

- No existen a nivel regional criterios generales y sistemáticos para la evaluación de proyectos de inversión a nivel de empresas públicas y/o privadas.
- No se tienen o aplican a nivel profesional criterios desarrollados de carácter general para la evaluación de proyectos a nivel regional.

1.2. Concepto general de proyecto de inversión

A los fines del desarrollo de la presente investigación se definieron pautas precisas de lo que se entiende por proyecto de inversión. De esta manera se procura homogeneizar criterios para el equipo de investigación como de los encuestados. Para el desarrollo de esta información complementaria se utilizan conceptos en varias referencias bibliográficas (Fontaine, 1994; Ginestar, 2004; Semyraz, 2006; European Commision, 2015 y Documento en línea de la Asociación Argentina de Evaluación). Se exponen a continuación los conceptos básicos presentados.

Entendemos como proyectos de inversión a:

- 1) Asignación de recursos (económicos, humanos).
- 2) En un horizonte temporal (variable tiempo).
- 3) En pos de cumplir objetivos generales y sobre todo específicos.
- 4) Con la expectativa de obtener beneficios netos positivos, es decir beneficios mayores que costos, o bien reducción de costos.

A los fines del análisis a los proyectos de inversión los clasificamos como:

- 1) Proyectos nuevos (nuevos productos, nuevas obras).
- 2) Proyectos tipo ampliaciones (ampliaciones de plantas, ampliaciones de obras).
- 3) Proyectos de mejoras y conservación (mejoras de eficiencia, mantenimiento).
- 4) Adquisición y reemplazo de equipos (compras de equipos nuevos, reemplazo de antiguos).

En la misma presentación, y con el objeto de garantizar la calidad de la investigación a los encuestados se expuso:

A los fines de la confidencialidad:

- 1) No requerimos información que Ud. considere confidencial o crítica para su organización, como por ejemplo estado patrimonial, inversiones ni rentabilidad.
- 2) No es de nuestro interés si a la fecha se encuentra vuestra Organización evaluando, ejecutando u operando un nuevo proyecto de inversión.
- 3) La encuesta intenta detectar solamente si las distintas organizaciones de la zona aplican algún criterio específico para evaluar sus proyectos, y en tal caso de qué tipo.
- 4) Toda la información suministrada queda archivada bajo estricta confidencialidad en el ámbito de la UTN, FRSR, siendo las referencias y conclusiones innominadas.

1.3. La inversión privada y pública

Considerando que el proyecto abordó la problemáticas de las inversiones de organizaciones públicas y privadas, es necesario diferenciar el enfoque en cada caso, considerando entre otras cuestiones las restricciones y objetivos perseguidos en cada caso. En términos generales, la evaluación privada está referida a proyectos de tipo privado, donde las evaluaciones están dirigidas a la comparación entre costos e ingresos valorizados a precios de mercado. En distintas referencias bibliográficas este tipo de evaluación es conocida como financiera (European Commission, 2015). Diferente es el caso de la evaluación pública que debería enfocarse con un criterio social, recurriendo a evaluaciones que consideren la totalidad de los efectos de los proyectos corregidos por impuestos, subsidios, etcétera, dando lugar a la evaluación social, identificada también como económica (European Commission, 2015).

1.4. La toma de decisión de inversiones

El hecho de que existan inversiones en nuevos proyectos indica que los potenciales inversores toman sus decisiones utilizando algún tipo de criterio. Puede que no conozcan metodologías específicas al efecto, pero el hecho concreto es que la decisión es tomada fundamentándose en alguna razón, o bien meramente es un hecho instintivo.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. El desarrollo de la encuesta

A los fines de la investigación fue necesario el diseño de una encuesta que permitiese recabar la información deseada. Esta fue desarrollada siguiendo una estructuración general que se presenta, indicando en forma previa los conceptos básicos y las premisas de confidencialidad (Weiers, 1986).

2.2. El muestreo

La población objetivo del presente proyecto abarca las organizaciones de carácter público y privado que llevan adelante proyectos de inversión en el sur mendocino. En el caso analizado el sector productivo abarcó empresas del sector agropecuario, industrial alimenticio, vitivinicultura, construcción, servicios y metal mecánica entre otros. A esto se suma el sector público con reparticiones que abarcan distintos aspectos como la infraestructura, el riego, servicios.

El análisis general de la población vinculada al sector privado se realizó a partir de las cámaras de comercio, páginas amarillas y relevamientos propios de la UTN FRSR en ocasión de distintos eventos. En todos los casos el interés estuvo focalizado en empresas locales, no subsidiarias de otras con sede central fuera de la región ni del sector comercio. El número identificado fue considerable, superando las cuatrocientas cincuenta empresas, correspondiendo en un alto porcentaje a PYMES. Como era objetivo recabar información representativa de todos los sectores, dentro de cada uno de estos, y en forma aproximadamente proporcional, se orientaron las encuestas de manera que el relevamiento cubriera organizaciones con al menos cinco empleados en cantidad proporcional al peso de cada sector en la economía regional. Este segmento se identificó como Sector Privado.

Con relación al sector público la situación fue diferente dado que el número de reparticiones con proyectos de inversión relevantes es sensiblemente menor, por lo que la investigación pudo hacerse en forma simple y dirigida. Este grupo de encuestas se identifica como Sector Público.

Con el avance de la investigación, se planteó como pauta de interés encuestar a profesionales de ciencias económicas vinculados a la actividad empresarial, por lo que se realizaron encuestas a un número representativos de estos. Este grupo dentro de la investigación se identifica como Profesionales. En este caso, la encuesta recabó la experiencia de cada profesional en el sector empresarial de la región, no su opinión personal. Al respecto de una población estimada en seiscientos profesionales de ciencias económicas en el sur mendocino, se estimó a partir de consultas, en aproximadamente trescientos la población relacionada más fuertemente a la toma de decisiones empresariales.

Podemos entonces sintetizar que las encuestas fueron orientadas a tres tipos de opiniones: 1) Ejecutivos de empresas del sector privado; 2) Funcionarios de reparticiones del sector público de niveles provinciales y municipales; 3) Profesionales de ciencias económicas vinculados a las decisiones de inversión.

A los fines de establecer la técnica de muestreo se procedió de la siguiente forma (Anderson *et al*, 2008; Documento en Línea www.mathematic.unikl.de y Documento en Línea www.oas.org/juridico): Sector Privado, tamaño de la muestra con un factor 10% define un mínimo de 45 empresas. La selección de las empresas fue por conveniencia u opinático, tratando de abarcar distintos sectores de la actividad

económica. Se concretaron 46 entrevistas.

Sector Público: el tamaño de la población es reducido, identificándose un total de 21 organizaciones de interés, el factor empleado fue 60%. Total encuestas 12 por conveniencia u opinático.

Sector Profesional: la información recabada indica una población total del orden de los 600 profesionales del sector, de los cuáles la proporción afectada a decisiones de inversión en forma más directa se determinó a partir de consultas en el orden del 50%, se aplicó un factor muestral del 10%. El total de encuestas realizadas fue de 31 por conveniencia u opinático.

2.3. Los resultados de las encuestas.

Se presentan a continuación en forma gráfica las preguntas y los resultados de las encuestas. Al respecto es importante hacer notar que si para distintos ítems se indica 100%, debe entenderse que todos se verifican con la misma incidencia.

Respecto a la planificación estratégica, el Sector Público muestra un mayor interés (Gráfico N° 1).

1) ¿Su organización posee algún programa(s) o plan(es) estratégico(s) de referencia para guiar su accionar y funcionamiento en general?

	Privado	Público	Profesional
SI	15%	25%	20%
NO	85%	75%	80%

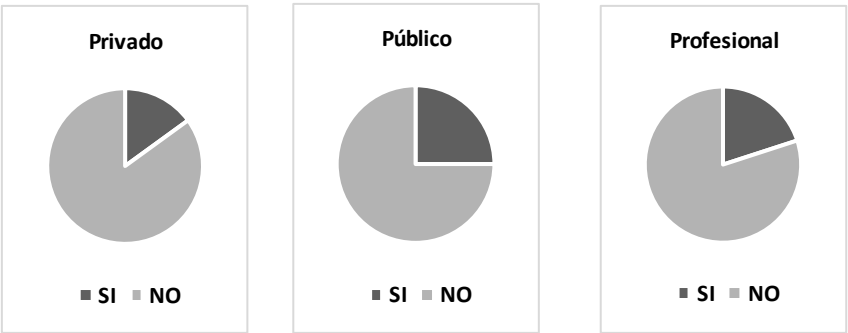


Gráfico 1: Existencia de programas o planes estratégicos

Si es relevante el hecho de que todos los sectores perciben el desarrollo de proyectos de inversión, no obstante, con relación al tipo de proyectos específicos a desarrollar no se perciben con la misma incidencia (Gráficos N° 2 y 3).

2) ¿Su organización desarrolla proyectos?

	Privado	Público	Profesional
SI	100%	100%	100%
NO	0%	0%	0%



Gráfico 2: Desarrollo de proyectos en las distintas organizaciones

3) Indique qué tipo de proyectos de inversión desarrolla su organización en su área de trabajo.

	Privado	Público	Profesional
Nuevos	100%	100%	100%
Ampliaciones	80%	100%	100%
Mejoras	65%	100%	60%
Reemplazo	100%	100%	100%
Otro	0%	0%	0%



Gráfico 3: Tipos de proyectos desarrollados por las organizaciones

Con relación al conocimiento de metodologías específicas aplicables a la evaluación de proyectos, el Sector Público aparece como más sólido, y la percepción de los Profesionales coincide aproximadamente con el relevamiento del Sector Privado (Gráfico N° 4).

4) Conoce Ud. algún tipo de metodología específica aplicable a la formulación y evaluación de los proyectos.

	Privado	Público	Profesional
SI	30%	80%	40%
NO	70%	20%	60%



Gráfico 4: Conocimiento de metodologías de evaluación de proyectos

Las metodologías más mencionadas en general se refieren a métodos cualitativos como Árbol de Problemas y FODA, no así en el Sector Público que denota un conocimiento más sólido en general y respecto a indicadores económicos como VAN y TIR en lo particular (Gráficos N° 5).

5) Metodologías aplicables a la formulación y evaluación de proyectos.

	Privado	Público	Profesional
VAN - TIR	30%	100%	40%
Árbol de problemas	20%	60%	20%
FODA	80%	70%	90%
Cuadro de mandos	10%	0%	20%
Otro	10%	0%	0%

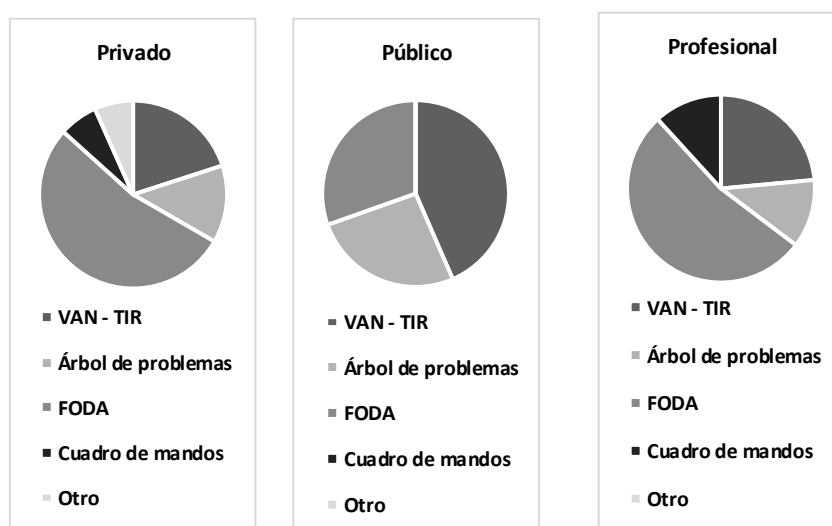


Gráfico 5: Metodologías de evaluación de proyectos aplicadas

Al analizar la conveniencia de evaluar proyectos no existe unanimidad en las respuestas, el Sector Público si lo define como absolutamente relevante, no así el Sector Privado (Gráfico N° 6).

6) Considera conveniente la aplicación de metodologías específicas para la formulación y evaluación de proyectos.

	Privado (1)	Público	Profesional
SI	30%	100%	40%
NO	70%	0%	60%



(1) En el caso Privado la opción NO se corresponde con la de la pregunta 4).

Gráfico 6: Conveniencia en la aplicación de metodologías específicas

En todos los casos la existencia de personal con funciones específicas de formulación y evaluación de proyectos es muy bajo o nulo (Gráfico N° 7).

7) Existe en su Organización personal afectados específicamente para trabajos de formulación y evaluación de proyectos

	Privado	Público	Profesional
SI	10%	0%	10%
NO	90%	100%	90%



Gráfico 7: Existencia de personal afectado a trabajos de evaluación

La existencia de criterios de ordenamiento o priorización de proyectos tiene cierto peso en el Sector Público, no así en el Privado (Gráfico N° 8).

8) Existe alguna metodología para ordenar los distintos proyectos según un orden de elegibilidad o ranking.

	Privado	Público	Profesional
SI	10%	60%	20%
NO	90%	40%	80%



Gráfico 8: Existencia de metodologías de ordenamiento de proyectos

Las decisiones de inversión son desarrolladas básicamente dentro de las mismas Organizaciones (Gráfico N° 9).

9) Las evaluaciones son realizadas por personal de la Organización, servicios externos o en forma conjunta.

	Privado	Público	Profesional
Organización	70%	100%	80%
Servicios externos	0%	0%	0%
Org. + servicios externos	30%	0%	20%



Gráfico 9: Responsables de las evaluaciones en las distintas Organizaciones

Todos los sectores encuestados denotan sensible interés por aumentar su grado de conocimiento respecto a metodologías para la evaluación de proyectos (Gráfico N° 10).

10) Le interesaría aumentar su grado de conocimiento respecto a metodologías específicas para la formulación y evaluación de proyectos.

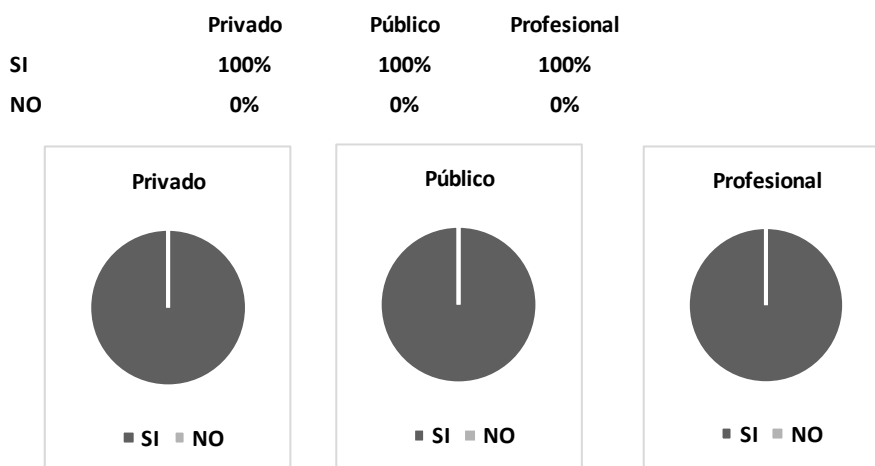


Gráfico 10: Interés en aumentar el grado de conocimiento para evaluaciones

Finalmente, la propuesta de nuevos proyectos es motorizada en el Sector Público por la disponibilidad de presupuesto y fondos y, en el caso del Sector Privado, por el contexto económico general, la existencia de financiamiento y la rentabilidad (Gráfico N° 11).

11) A su juicio qué elementos influyen en la PROPUESTA Y EVALUACIÓN de nuevas inversiones.

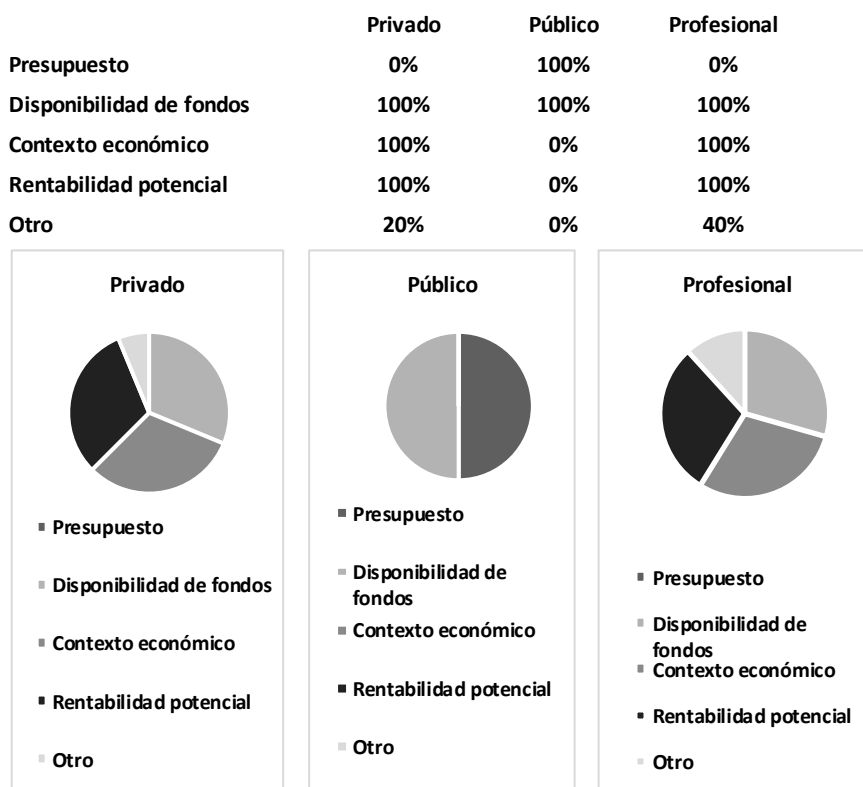


Gráfico 11: Elementos que influyen en la evaluación de nuevos proyectos

VALIDACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

En el punto 1.1. Hipótesis de la investigación, se presentan las mismas, cuyo texto se repite:

- No existen a nivel regional criterios generales y sistemáticos para la evaluación de proyectos de inversión a nivel de empresas públicas y o privadas.

- No se tienen o aplican a nivel profesional criterios desarrollados de carácter general para la evaluación de proyectos a nivel regional.

Los resultados del presente proyecto de investigación permiten la verificación de lo planteado.

CONCLUSIONES

Del análisis general de los resultados se desprende que los funcionarios del Sector Público denotan un conocimiento sensiblemente mayor respecto de la formulación y evaluación de proyectos que el Sector Privado. También un grado de concientización mayor respecto de la necesidad de realizar este tipo de tareas. No obstante se puede inferir que las evaluaciones cuantitativas en todos los sectores son escasas y en general muy elementales, con predominio en el conocimiento de herramientas de evaluación cualitativas.

Las decisiones de inversión, en general, son tomadas predominantemente por personas de las organizaciones.

Es interesante notar que todos los encuestados muestran sensible interés por aprender metodologías específicas para mejorar la toma de decisiones, independientemente que tengan o no conocimiento sobre la materia; esto pondría de manifiesto, o bien el desconocimiento sobre el tema, o comprender la importancia de su aplicación.

Por otra parte puede inferirse que los criterios de decisión respecto a los proyectos públicos están condicionados por la existencia de presupuestos y disponibilidad de fondos específicos, siendo en general la prioridad establecida por urgencias. En el caso del Sector Privado el financiamiento, el contexto y la rentabilidad influyen de manera similar a la hora de la toma de decisiones de inversión, las cuáles, atendiendo que las evaluaciones en general son muy elementales o inexistentes, estaría indicando que la decisión se basa en la copia de modelos exitosos o bien a partir de consideraciones de carácter intuitivo.

REFERENCIAS

Fontaine, Ernesto; "Evaluación Social de Proyectos", 10° Edición; Universidad Católica de Chile; Santiago de Chile, 1994.

Ginestar, Ángel; "Pautas para Identificar, formular y evaluar proyectos", 2° Edición; Ediciones Macchi; Buenos Aires; 2004.

Semyraz, Daniel; "Preparación y evaluación de proyectos de inversión", 1° Edición; Osmar Buyatti; Buenos Aires, 2006.

EUROPEAN COMMISSION, Directorate-General for Regional and Urban policy; "Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects, Economic appraisal tool for Cohesion Policy", 2014-2020, European Union, 2015.

Weiers, Ronald; "Investigación de mercados", 1° Edición; Prentice Hall; México D.F., 1986.

Anderson, D., Sweeney, D., Williams, T.; Estadística para la administración y economía", 10° Edición; Cengage Learning; México D.F., 2008.

Aplicación del método de Montecarlo en la evaluación de un proyecto para el lanzamiento de un nuevo producto alimenticio

Fornari Javier Fernando; Odetto Fabio; Zanazzi Elena

UTN Facultad Regional Rafaela

Acuña 49, 2300 Rafaela, Santa Fe

javier.fornari@frfa.utn.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se utiliza un software de simulación de Montecarlo para posibilitar el análisis de sensibilización de las variables que influyen en el proyecto de lanzamiento de un nuevo producto al mercado. Los resultados obtenidos generan distintos escenarios que permiten ser comparados mediante métodos tradicionales y en el análisis financiero se determina la evaluación del mejor proyecto de inversión a través del uso de indicadores de factibilidad, como en el caso de la vida útil, la depreciación, el horizonte del proyecto, materia prima, recursos humanos, entre otros. Una vez realizado los cálculos se procede al análisis de sensibilización mediante el uso del método de Montecarlo para determinar el valor actual neto positivo mayor con la más alta probabilidad de ocurrencia en los diversos escenarios planteados.

PALABRAS CLAVES: Montecarlo, Crystal Ball, proyecto, producto, industria, alimenticia

ABSTRACT

The creation and operation of the companies are a process of continuous evolution, but especially notable in recent years. The sustainability and effectiveness of the organizations depend on the correct decision-making, but above all those before the start-up, those that arise in simultaneous with the enterprising idea. In this regard, this research approach proposes the modeling and Simulation tool, in university and academic instances, in order to experience projects of companies that show a minimization in the margin of error of the decision-making process. This article aims to highlight the importance of creating a simulation area, directly linked to the work of enterprising students (from the National Technological University-Rafaela Regional faculty) who manage to simulate projects End of degree. In this way, with the results obtained on the analysis of a company, it could confirm or not its feasibility of implementation or to detect improvements in the work to be able to make possible the realization of the companies.

1. INTRODUCCIÓN

El diseño e introducción de un nuevo producto al mercado implica el estudio pormenorizado de las variables intervinientes. Es por esto por lo que es necesario recurrir a una técnica basada en estadística.

Para el proyecto “Elaboración de Nuggets de Cerdo” objeto de trabajo de un grupo de estudiantes de la UTN Regional Rafaela para su respectiva presentación en la materia Proyecto Final se ha utilizado el programa Crystal Ball en donde se introdujeron los datos relevados y posteriormente se realizó un análisis de sensibilidad de las variables que creyeron más importantes.

2. METODOLOGÍA

El análisis financiero es una parte esencial de la evaluación de un proyecto de inversión ya que es un indicador de la factibilidad del mismo. Por tal motivo es indispensable tener como base diferentes conceptos:

- Vida útil
- Depreciación
- Amortización
- Horizonte de proyecto
- Valor de desecho o valor residual

En el caso particular del proyecto “Elaboración de nuggets de cerdo” la información requerida fue la siguiente activos fijos, activos nominales y capital de trabajo.

Para cada ítem se hizo una exhaustiva búsqueda de información lo más aproximada a la realidad, y obtuvieron los resultados necesarios en un próximo paso. Luego de efectuar los tres análisis correspondientes se puede calcular que el monto total de la Inversión necesaria para el proyecto. Posteriormente, al obtener el costo del producto unitario a través de los distintos costos involucrados materia prima e insumos, mano de obra, costos comunes de fabricación, gastos administrativos y comerciales.

La variable por definir es el precio de venta que deberá tener el producto. Por esto, en este proyecto en particular, se realizó el análisis de precios existentes y gracias a que se cuenta con un nivel de costo total unitario bajo, es posible establecer un precio de venta un poco inferior al menor existente en el mercado, lo cual genera un porcentaje de ganancia o margen bastante elevado y hace al nuevo muy competitivo y atractivo para los consumidores.

Además, se debe determinar el valor actual neto (VAN) para definir el valor actual de los flujos de caja que se esperan en el transcurso de la inversión mediante su descuento a una tasa que contemple el costo de capital adecuado al riesgo de la inversión.

Matemáticamente la ecuación (1) para su cálculo es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+K)^t} - I_0 \quad (1)$$

dónde:

- V_t : flujos de fondo en cada periodo t
- I_0 : valor de desembolso en la inversión inicial
- n : número de periodos considerados
- k : tasa de descuento considerada en la evaluación

Se sabe que:

- $VAN > 0 \Rightarrow$ Que la empresa genera beneficio
- $VAN = 0 \Rightarrow$ No hay beneficio ni pérdidas, aunque se pierde el tiempo
- $VAN < 0 \Rightarrow$ hay pérdidas en la empresa, además de perder el tiempo

Se recomienda realizar aquellas inversiones cuyo valor actual neto sea positivo. Junto con esto se determinaron la tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) con inflación y sin inflación. Hasta acá se especificó todas aquellas variables a las que se requieren realizar un análisis de sensibilidad con el método matemático denominado: método de Montecarlo, Este es un método de ensayos estadísticos, esta técnica de simulación de situaciones irreales, por lo tanto, inciertas, que permite definir valores de variables no controladas. “El modelo Montecarlo simula los resultados que puede asumir el van del proyecto, mediante la asignación aleatoria de un valor a cada variable pertinente del flujo de caja. La selección de valores aleatorios otorga la posibilidad de que, al aplicarlos repetidas veces a las variables relevantes, se obtengan

suficientes resultados de prueba para que se aproxime a la forma de distribución estimada. Cada variable asume individualmente valores aleatorios concordantes con una distribución de probabilidades propia para cada una de ellas. El modelo de simulación de Montecarlo se diferencia del análisis de sensibilidad de Hertz en que mientras en este último los valores de las variables son definidos sobre la base del criterio del evaluador y de acuerdo con lo que él estima pesimista u optimista, en el primero se asignan en función a la distribución de probabilidades que se estime para cada una y dentro de un intervalo determinado por el evaluador. En otras palabras, la simulación permite experimentar para observar los resultados que va mostrando el van, especialmente cuando existen dudas del comportamiento de varias variables a la vez, pero no es un instrumento que busca su optimización" [1]. En la actualidad existen varios softwares que ayudan con esta tarea. Los programas utilizados comúnmente como Crystal Ball, SimulAr, Parisimet o EasyPlanEx permiten asignar a algunas variables un comportamiento aleatorio asociado a una distribución de probabilidades como, por ejemplo: normal, triangular, uniforme, etc.

El programa seleccionado para este proyecto es el Crystal Ball ya que para su utilización se necesita tener conocimiento del funcionamiento de las hojas de cálculo de la aplicación Microsoft Excel®, siendo éste un programa conocido. Para aplicar el uso de este producto se deben seguir ciertos pasos basándose en las herramientas que ofrece la Barra de Herramientas de Microsoft Excel®. Los pasos por seguir para la obtención de los datos estadísticos en el proyecto "Elaboración de nuggets de cerdo" fueron básicamente los siguientes:

- I. Construir el flujo de caja indicando las celdas a aquéllas sobre las cuales se aplicará la simulación.
- II. Elegir la distribución de probabilidades para cada una de las variables a iterar, indicando los valores límites, con la opción Definir > Definir supuesto de la barra de herramientas de Crystal Ball. En efecto, los datos obtenidos de las variables involucradas en el proyecto presentan una distribución normal.
- III. Definir el nombre de la función a pronosticar y la unidad de medida (\$, M\$, US\$, etcétera) con la opción *Definir > Definir pronóstico* de la barra de herramientas.
- IV. Seleccionar las iteraciones a desarrollar, con la opción *Ejecutar > Preferencias de Ejecución > Iteraciones*
- V. Iterar las variables seleccionadas mediante el menú *Crear > Informe > Ver y analizar la información gráfica* en el menú *Gráficos* la opción *Ejecutar*.
- VI. Elaborar un informe con los resultados de pronósticos.

Retomando la idea de la distribución de probabilidades [1], [3] y [4], como se dijo anteriormente la distribución a la que se ajustaron los datos obtenidos fue la normal, sin embargo, se puede hacer referencia de las otras que se podrían haber usado: distribución triangular en donde da un valor con parámetros optimista, normal y pesimista; uniforme la cual da un valor máximo y mínimo; y Poisson que da un valor con una media de 1.

3. RESULTADOS

En principio, se deben obtener los datos requeridos para la realización de la simulación. Esto requiere un esfuerzo extra ya que conseguir la información fehaciente conlleva una búsqueda intensa de la misma. Es indispensable para la obtención de los datos contar con una fuente fidedigna ya que se ésta se desprenderá el resto de la información utilizada para la predicción.

Para comenzar se obtiene los costos de con la planilla de Microsoft Excel®: activos fijos. La tabla 1 corresponde al activo fijo del proyecto de "Elaboración de Nuggets de cerdo".

La información para la obtención del activo fijo corresponde a las inversiones en bienes tangibles necesarios para el proceso productivo en cuestión y de apoyo al funcionamiento del proyecto.

En él consta la inversión necesaria en el terreno, instalaciones varias, máquinas y equipos auxiliares, mobiliario de las oficinas y todo aquello necesario para el funcionamiento correcto de la empresa.

En la parte de activos nominales [2] y [5] se sigue con la búsqueda de la información primaria la cual será la fuente de los datos necesarios para la simulación aparecen los activos nominales llamados así porque se toma en cuenta el valor nominal de los mismos. Se denominan así porque son gastos pagados por anticipado y que no pueden ser recuperados, por la empresa, en el futuro. Éstos se deben amortizar durante el período en que se reciben los servicios. En la tabla 2 se observa el valor final de los activos nominales del proyecto.

Tabla 1: Activo fijo del proyecto de “Elaboración de Nuggets de cerdo”

ACTIVOS FIJOS								
Rubro	Descripción	Cant.	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)	Período de Depreciación	Valor de Desecho	Valor Despreciable	Depreciación Anual
Terreno y Edificio	Terreno	1	0	0	0	0	0	0
	Obra Física	1	\$ 175.000	\$ 175.000	30	\$ 17.500	\$ 157.500	\$ 5.250
	Agua	1	\$ 46.880	\$ 46.880	30	\$ 4.688	\$ 42.192	\$ 1.406
	Electricidad	1	\$ 53.200	\$ 53.200	30	\$ 5.320	\$ 47.880	\$ 1.596
	Gas	1	\$ 16.570	\$ 16.570	30	\$ 1.657	\$ 14.913	\$ 497
Instalaciones Varias	Comunicaciones (redes)	1	\$ 4.900	\$ 4.900	30	\$ 490	\$ 4.410	\$ 147
	Telefonía	1	\$ 2.320	\$ 2.320	30	\$ 232	\$ 2.088	\$ 70
	Desmenuzadora	1	\$ 544.500	\$ 544.500	10	\$ 54.450	\$ 490.050	\$ 49.005
	Picadora	1	\$ 2.288.000	\$ 2.288.000	10	\$ 228.800	\$ 2.059.200	\$ 205.920
	Mezcladora	1	\$ 1.672.000	\$ 1.672.000	10	\$ 167.200	\$ 1.504.800	\$ 150.480
Máquinas y Equipos Auxiliares	Formadora	1	\$ 5.453.625	\$ 5.453.625	10	\$ 545.363	\$ 4.908.263	\$ 490.826
	Harinadora	1	\$ 1.003.710	\$ 1.003.710	10	\$ 100.371	\$ 903.339	\$ 90.339
	Rebozadora	1	\$ 935.535	\$ 935.535	10	\$ 93.554	\$ 841.982	\$ 84.198
	Empañadora	1	\$ 609.885	\$ 609.885	10	\$ 60.989	\$ 548.897	\$ 54.890
	Fritidora	1	\$ 5.196.045	\$ 5.196.045	10	\$ 519.605	\$ 4.676.441	\$ 467.644
	Horno Continuo	1	\$ 5.388.675	\$ 5.388.675	10	\$ 538.868	\$ 4.849.808	\$ 484.981
	Túnel de Congelado	1	\$ 8.575.680	\$ 8.575.680	10	\$ 857.568	\$ 7.718.112	\$ 771.811
	Pesadora Multicapaz	1	\$ 1.611.000	\$ 1.611.000	10	\$ 161.100	\$ 1.449.900	\$ 144.990
	Envasadora	1	\$ 625.500	\$ 625.500	10	\$ 62.550	\$ 562.950	\$ 56.295
	Carro de Ac. Inox. (200 lts)	10	\$ 9.500	\$ 95.000	10	\$ 9.500	\$ 85.500	\$ 8.550
	Mesa de Ac. Inox.	5	\$ 4.950	\$ 24.750	10	\$ 4.275	\$ 22.275	\$ 2.228
	Cinta Transportadora	2	\$ 211.200	\$ 422.400	10	\$ 42.240	\$ 380.160	\$ 38.016
	Cinta Transportadora Refrigerada	1	\$ 404.800	\$ 404.800	10	\$ 40.480	\$ 364.320	\$ 36.432
	Cinta Transportadora Automática	1	\$ 308.000	\$ 308.000	10	\$ 30.800	\$ 277.200	\$ 27.720
	Elevador de Carro	2	\$ 180.000	\$ 360.000	10	\$ 36.000	\$ 324.000	\$ 32.400
	Pegadora de Cajas	1	\$ 41.625	\$ 41.625	10	\$ 4.163	\$ 37.463	\$ 3.746
	Báscula de Sobresuelo	1	\$ 65.600	\$ 65.600	10	\$ 6.560	\$ 59.040	\$ 5.904
	Básculas de Mesa	3	\$ 11.500	\$ 34.500	10	\$ 3.450	\$ 31.050	\$ 3.105
	Detector de Metales	2	\$ 363.000	\$ 726.000	10	\$ 72.600	\$ 653.400	\$ 65.340
	Computadoras Completas	1	\$ 6.232	\$ 6.232	5	\$ 623	\$ 5.609	\$ 1.122
Mobiliarios - Oficinas	Impresoras Multifunción	1	\$ 2.409	\$ 2.409	5	\$ 241	\$ 2.168	\$ 434
	Calefactor	1	\$ 3.140	\$ 3.140	5	\$ 314	\$ 2.826	\$ 565
Varios	Aire Acondicionado F/C (2500W)	1	\$ 6.941	\$ 6.941	5	\$ 694	\$ 6.247	\$ 1.249
	Otros	1	\$ 8.264	\$ 8.264	5	\$ 826	\$ 7.438	\$ 1.488
				\$ 36.712.685		\$ 3.671.269	\$ 33.041.417	\$ 3.286.638

Tabla 2: Activo nominales del proyecto de “Elaboración de Nuggets de cerdo”

ACTIVOS NOMINALES								
Rubro	Descripción	Cant.	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)	Período de Amortización	Monto Anual de Amortización	Amortización Acumulada en 10 Años	Amortización Mensual
Gastos de Organización	Constitución de Sociedad	1	0	0	10	0	0	0
	Trámites y Habilitaciones	1	\$ 3.200	\$ 3.200	10	\$ 320	\$ 1.200	\$ 27
	Estudio Contable	1	\$ 4.000	\$ 4.000	10	\$ 400	\$ 1.000	\$ 33
	Remuneración de Personal	1	\$ 55.000	\$ 55.000	10	\$ 5.500	\$ 55.000	\$ 458
	Mano de Obra para Instalación	1	\$ 150.000	\$ 150.000	10	\$ 15.000	\$ 150.000	\$ 1.250
Gastos de Puesta en Marcha	Capacitación	1	\$ 9.000	\$ 9.000	10	\$ 900	\$ 1.000	\$ 75
Imprevistos	Problemas no Contemplados	1	\$ 10.000	\$ 10.000	10	\$ 1.000	\$ 10.000	\$ 83
Máquinas y Herramientas Manuales (Mantenimiento)	Destornilladores (medidas varias)	5	\$ 30	\$ 150	10	\$ 3	\$ 30	0
	Jigo. de llaves combinadas (14 piezas)	1	\$ 1.231	\$ 1.231	10	\$ 123	\$ 1.231	\$ 10
	Pinzas (medidas varias)	3	\$ 117	\$ 351	10	\$ 12	\$ 117	\$ 1
	Tenazas 10"	1	\$ 203	\$ 203	10	\$ 20	\$ 203	\$ 2
	Pinzas 10"	1	\$ 250	\$ 250	10	\$ 25	\$ 250	\$ 2
	Alicate Aislado 6" Corte lateral	1	\$ 88	\$ 88	10	\$ 9	\$ 88	\$ 1
	Soldadora Inverter TIG portátil	1	\$ 7.100	\$ 7.100	10	\$ 710	\$ 7.100	\$ 59
	Gato Hidráulico Botella (2 tn)	1	\$ 330	\$ 330	10	\$ 33	\$ 330	\$ 3
	Llave de Impacto Neumática	1	\$ 982	\$ 982	10	\$ 98	\$ 982	\$ 8
	Taladro Eléctrico con Mandril y Percutor de 13mm	1	\$ 1.596	\$ 1.596	10	\$ 160	\$ 1.596	\$ 13
	Amoladora 115 mm - 1200w	1	\$ 1.814	\$ 1.814	10	\$ 181	\$ 1.814	\$ 15
	Escala de 8 Peldaños Doble Tijera	1	\$ 1.700	\$ 1.700	10	\$ 170	\$ 1.700	\$ 14
	Electrodos comunes - punta azul (kg)	15	\$ 50	\$ 750	10	\$ 5	\$ 50	0
	Electrodos de Ac. inox. (kg)	10	\$ 220	\$ 2.200	10	\$ 22	\$ 220	\$ 2
	Otros Máquinas y Herramientas	1	\$ 2.500	\$ 2.500	10	\$ 250	\$ 1.500	\$ 21
Mobiliario de Mantenimiento	Mesas de Trabajo	1	\$ 3.200	\$ 3.200	10	\$ 320	\$ 1.200	\$ 27
	Banquetas de madera	2	\$ 350	\$ 700	10	\$ 35	\$ 350	\$ 3
	Teléfono Fijo	1	\$ 270	\$ 270	10	\$ 27	\$ 270	\$ 2
	Armarios Metálicos de Puertas Corredizas	1	\$ 4.875	\$ 4.875	10	\$ 488	\$ 4.875	\$ 41
	Tableros para colgar herramientas	1	\$ 650	\$ 650	10	\$ 65	\$ 650	\$ 5
	Estanterías Metálicas	2	\$ 3.900	\$ 7.800	10	\$ 390	\$ 1.900	\$ 33
	Cesto de Basura grande	1	\$ 530	\$ 530	10	\$ 53	\$ 530	\$ 4
	Luces de emergencia	2	\$ 840	\$ 1.680	10	\$ 84	\$ 840	\$ 7
	Otros	1	\$ 2.500	\$ 2.500	10	\$ 250	\$ 1.500	\$ 21
	Escritorios de Oficina	1	\$ 1.075	\$ 1.075	10	\$ 108	\$ 1.075	\$ 9
Mobiliario de Oficinas (Administración-Calidad)	Sillas de Oficina Fijas con Apoyabrazos	3	\$ 740	\$ 2.220	10	\$ 74	\$ 740	\$ 6
	Teléfonos Fijos	1	\$ 270	\$ 270	10	\$ 27	\$ 270	\$ 2
	Cestos de Basura chicos	1	\$ 90	\$ 90	10	\$ 9	\$ 90	\$ 1
	Luces de emergencia	2	\$ 840	\$ 1.680	10	\$ 84	\$ 840	\$ 7
	Archivero Metálico	1	\$ 4.875	\$ 4.875	10	\$ 488	\$ 4.875	\$ 41
	Otros	1	\$ 2.500	\$ 2.500	10	\$ 250	\$ 1.500	\$ 21
Elementos de Protección Personal e Indumentaria	Ropa de Trabajo (Zaribardina, Pantalón)	0	\$ 104	\$ 936	10	\$ 10	\$ 104	\$ 1
	Botas Blancas de Goma Sin Puntera	0	\$ 167	\$ 1.503	10	\$ 17	\$ 167	\$ 1
	Cascos c/Almó	0	\$ 36	\$ 324	10	\$ 4	\$ 36	0
	Camperos y Buzos	0	\$ 539	\$ 4.851	10	\$ 54	\$ 539	\$ 4
	Indumentaria para frío (medias de lana, guantes)	0	\$ 123	\$ 1.107	10	\$ 12	\$ 123	\$ 1
	Protectores auditivos endosables c/cordel	100	\$ 4	\$ 400	10	\$ 0	\$ 4	\$ 0
	Máscara Fotosensible (para soldar)	2	\$ 611	\$ 1.222	10	\$ 61	\$ 611	\$ 5
	Guantes para soldar	2	\$ 132	\$ 264	10	\$ 13	\$ 132	\$ 1
	Guantes, Cefas y Barbijos descartables	500	\$ 1	\$ 500	10	\$ 0	\$ 1	0
	Otros	1	\$ 1.500	\$ 1.500	10	\$ 150	\$ 1.500	\$ 13
Varios	Dispenser de agua caliente/frío (alquiler)	3	\$ 248	\$ 744	10	\$ 25	\$ 248	\$ 2
	Elementos y sustancias para limpieza gral.	1	\$ 826	\$ 826	10	\$ 83	\$ 826	\$ 7
	Microondas con Grill	1	\$ 3.553	\$ 3.553	10	\$ 355	\$ 1.553	\$ 30
	Ventiladores de Pared 30" (países metálicos)	2	\$ 1.693	\$ 3.386	10	\$ 169	\$ 1.693	\$ 14
	Cartelería - Señalización	20	\$ 49	\$ 980	10	\$ 5	\$ 49	0
	Sillas Plásticas Blancas	10	\$ 132	\$ 1.320	10	\$ 13	\$ 132	\$ 1
	Mesas Plásticas Blancas	2	\$ 603	\$ 1.206	10	\$ 60	\$ 603	\$ 5
	Pava Eléctrica	1	\$ 784	\$ 784	10	\$ 78	\$ 784	\$ 7
Varios	Juego de Vajillas Blancas (40 Piezas)	1	\$ 1.529	\$ 1.529	10	\$ 153	\$ 1.529	\$ 13
	Otros	1	\$ 1.500	\$ 1.500	10	\$ 150	\$ 1.500	\$ 13
				\$ 315.796		\$ 29.105	\$ 291.051	\$ 2.425

Respecto al capital de trabajo se toman como aquellos recursos que requiere la empresa para poder operar correctamente. En este sentido el capital de trabajo es lo que se conoce como activo corriente (efectivo, inversiones a corto plazo, cartera e inventarios). En la tabla 3 se presenta el capital de trabajo que debería contar el proyecto.

Tabla 3: Capital de trabajo del proyecto de "Elaboración de Nuggets de cerdo"

CAPITAL DE TRABAJO				
Rubro	Descripción	Cant.	Costo Mensual (\$)	Costo Total (\$)
Costos Operativos	MATERIA PRIMA (MP)	3	\$ 1.881.867	\$ 5.645.602
	MANO DE OBRA (MO)	3	\$ 177.733	\$ 533.200
	COSTOS COMUNES DE FABRICACIÓN (CCF)	3	\$ 513.549	\$ 1.540.647
	GASTOS ADMINISTRATIVOS Y COMERCIALES (GAC)	3	\$ 323.931	\$ 971.793
TOTAL				\$ 8.691.241

Luego de los tres análisis efectuados se puede concluir que el monto total de la Inversión necesaria para este proyecto puede observarse la TABLA 4:

Tabla 4: Inversiones para el proyecto "Elaboración de Nuggets de cerdo"

INVERSIONES	
Rubro	Costo Total (\$)
Activos Fijos	\$ 36.712.685
Activos Nominales	\$ 315.796
Capital de Trabajo	\$ 8.691.241
TOTAL	\$ 45.719.722

En cuanto a los costos, se realiza una estimación de los mismos basándose en: Materia Prima e Insumos (MP), Mano de Obra, Costos Comunes de Fabricación (CCF) y Gastos Administrativos y Comerciales (GAC). En la TABLA 5 se observa la síntesis de los costos obtenidos en el proyecto.

Tabla 5: Síntesis de los costos necesarios para la puesta en funcionamiento del proyecto

ESTRUCTURA DE COSTOS				
Rubro	Total Mensual (\$)	Total Anual (\$)	Unitario \$ (Kg)	% del Costo
MATERIA PRIMA (MP)	\$ 1.881.867	\$ 22.582.407	\$ 45,95	84,40%
MANO DE OBRA (MO)	\$ 177.733	\$ 2.132.798	\$ 4,34	4,29%
COSTOS COMUNES DE FABRICACIÓN (CCF)	\$ 513.549	\$ 6.162.589	\$ 12,54	9,40%
GASTOS ADMINISTRATIVOS Y COMERCIALES (GAC)	\$ 323.931	\$ 3.887.177	\$ 7,91	2%
				100%

	Total Mensual (\$)	Total Anual (\$)	Unitario \$ (Kg)
COSTO PRIMO (MO + MP)	\$ 2.059.600	\$ 24.715.205	\$ 50,29
COSTO DE CONVERSIÓN (MO + CCF)	\$ 691.282	\$ 8.295.387	\$ 16,88
COSTO DE PRODUCCIÓN (MP + MO + CCF)	\$ 2.573.150	\$ 30.810.592	\$ 62,12
COSTO TOTAL (MP + MO + CCF + GAC)	\$ 2.897.081	\$ 34.764.972	\$ 70,73

Para este proyecto, según el análisis de precios realizados previamente y gracias a que se cuenta con un nivel de Costo Total Unitario bajo, se decidió establecer un Precio de Venta un poco inferior al menor existente en el Mercado, lo cual genera un porcentaje de ganancia o margen bastante elevado y nos hace muy competitivo y atractivos para los consumidores, Tabla 6:

Tabla 6: Estimación del precio del producto

PRECIO DE VENTA UNITARIO (Kg)	\$ 117,00
COSTO TOTAL UNITARIO (Kg)	\$ 70,73
GANANCIA DEL 39,5% DEL PRECIO	\$ 46,27

Para el caso particular de este proyecto universitario, el VAN dio como resultado: VAN= \$ 16.899.168,75

Habiendo conseguido todos los valores, procedemos a aplicar la fórmula, para poder conseguir el valor de la Tasa de Descuento (i) con la ecuación (2):

$$i = Rf + \beta(Rm - Rf) + Rp \quad (2)$$

Reemplazando las variables por los valores propios: $i = 1,67 + (0,75 \times (15,87 - 1,67)) + 2$

Dando una tasa de descuento de: $i = 14,32 \%$

Teniendo ya este último dato necesario para el cálculo, y con el Flujo de Fondos a Precios Constantes (sin inflación), podemos retomar y culminar con el cálculo del VAN, siendo, $Rf = 1,67\%$, $\beta = 0,75$, $Rm = 15,87$, $Rp = 2$, donde Rf tasa libre de riesgo, β coeficiente de riesgo específico, Rm : rendimiento promedio del mercado, Rp : tasa o factor "Riesgo País".

Para calcular la TIR utilizamos la fórmula del VAN dada por la ecuación 3, igualándola a cero y haciendo $i = TIR$.

$$VAN = 0 = \sum_{t=1}^n \frac{BNT}{(1+TIR)^t} - I_0 \quad (3)$$

Reemplazando obtenemos que la TIR de nuestro proyecto es a valores constantes igual a 22,14%. El valor anterior corresponde al flujo de caja a valores constantes. Ya sea por medio de la iteración, o con la fórmula mencionada en el cálculo del VAN a valores corrientes, se puede obtener la TIR que hace que el flujo de fondos a valores corrientes sea igual a cero cuyo valor es de 49,05% a valores corrientes. Y la TIR fue la siguiente, sin inflación de 22,14% y con inflación de 49,05%.

Habiendo presentado los cálculos necesarios para la toma de decisión si es proyecto es viable o no, se procede al análisis de sensibilización. Para esto se utiliza el método de Montecarlo que es un método de simulación por excelencia, la base para que funcione bien es la generación de muchos datos aleatorios. El software utilizado es el Crystal Ball, el cual se obtiene la sensibilización de manera más sencilla, ésta es una aplicación líder en la visualización de los resultados estadísticos, para eso se utilizó Microsoft Excel®.

De dichas simulaciones realizadas al Flujo de Fondos del proyecto, se puede observar que la certeza de que este proyecto siga generando ganancias, es decir que el VAN sea mayor a 0, es de un 77,64%; lo cual es una probabilidad muy grande y muy aceptable, para cualquier tipo de proyecto.

Previsión: VAN (Análisis de Sensibilidad):

Resumen:

- ☐ nivel de certeza es 77,64%
 - ☐ rango de certeza es de \$0,00 a infinito
 - ☐ rango completo es de (\$35.626.803,50) a \$75.445.642,92
 - ☐ caso base es \$16.899.168,75
- Después de 10.000 pruebas, el error estándar de la media es \$187.166,50

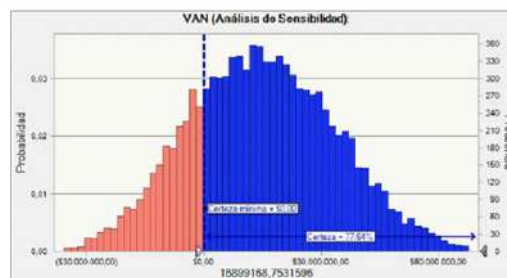


Figura 1 Análisis de sensibilidad de la VAN

Tabla 7: Análisis de sensibilidad de la VAN

Previsión: VAN (Análisis de Sensibilidad): (contin.)		
Estadísticas:		Valores de previsión
Pruebas		10,000
Caso base		\$16.899.168,75
Media		\$14.987.120,24
Mediana		\$14.515.730,40
Modo		---
Desviación estándar		\$18.718.650,00
Varianza		\$350.387.857.943.055,00
Sesgo		0,1106
Curtosis		2,66
Coefficiente de variación		1,25
Mínimo		(\$35.626.803,50)
Máximo		\$75.445.642,92
Ancho de rango		\$111.072.446,42
Error estándar medio		\$187.186,50
Percentiles:		Valores de previsión
0%		(\$35.626.803,50)
10%		(\$9.110.362,95)
20%		(\$1.563.043,80)
30%		\$4.412.435,08
40%		\$9.559.384,12
50%		\$14.510.875,19
60%		\$19.564.777,27
70%		\$25.063.427,50
80%		\$31.250.569,04
90%		\$39.609.982,01
100%		\$75.445.642,92

Para la sensibilización del Costo, Precio, Inversión y Cantidad a producir se utilizó una distribución Normal. Los resultados arrojaron los siguientes valores:

Suposiciones

Suposición: Costo

Normal distribución con parámetros:

Media \$ 70,73
Desv est \$ 7,07

El rango seleccionado es de \$ 60,00 a \$ 85,00

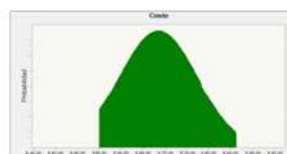


Figura 2 Suposición de COSTO

Suposición: Inversión

Normal distribución con parámetros:

Media -\$ 45.719.722
Desv est \$ 4.571.972

El rango seleccionado es de -\$ 55.000.000 a -\$ 35.000.000

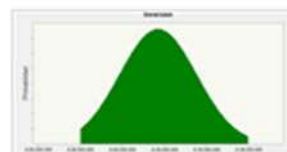


Figura 3 Suposición de INVERSIÓN

Suposición: Precio

Normal distribución con parámetros:

Media \$ 117,00
Desv est \$ 11,70

El rango seleccionado es de \$ 100,00 a \$ 135,00

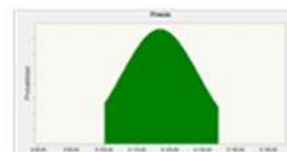


Figura 4 Suposición de PRECIO



Figura 5 Suposición de PRODUCCIÓN

Todos estos datos deben ser analizados ya que no se sabe con certeza cuál de estas variables es la que influye en mayor medida, por esto, el gráfico de Sensibilidad que se obtuvo para este proyecto es el que se puede visualizar:

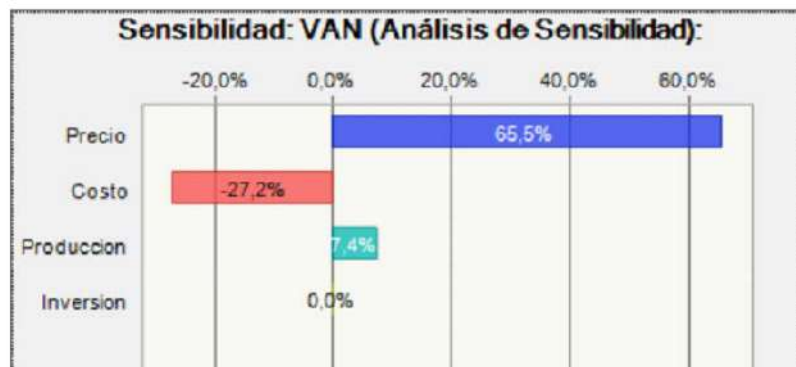


Figura 6 Comparación de las variables más importantes que influyen en el proyecto

La variable Precio era la de mayor influencia, seguida por la de Costo y luego, muy relegada, la variable Producción (los cambios en la Inversión no influyen en los resultados en el VAN del proyecto).

En la Tabla 8 se puede el informe que arroja el programa Crystal Ball al finalizar la sensibilización, ahí se observa que el nivel de confianza de la simulación es de un 95%.

Tabla 8: Para garantizar una precisión adecuada en la vista de contribución a la varianza, se debe ejecutar al menos 10.000 pruebas.

Informe de Crystal: completo	
Simulación iniciada el 30/10/2016 a las 07:27 p.m.	
Simulación detenida el 30/10/2016 a las 07:27 p.m.	
Prefs ejecución:	
Número de pruebas ejecutadas	10.000
Velocidad extrema	
Monte Carlo	
Inicialización aleatoria	
Control de precisión activado	
Nivel de confianza	95,00%
Estadísticas de ejecución:	
Tiempo de ejecución total (seg)	0,78
Pruebas/segundo (promedio)	12.786
Números aleatorios por segundo	51.146
Datos de Crystal Ball:	
Suposiciones	4
Correlaciones	0
Matrices de correlación	0
Variables de decisión	0
Previsiones	1

4. CONCLUSIÓN

En base al análisis con la modelación según Montecarlo se generaron distintos resultados posibles. Esta simulación es adecuada para ser aplicada en los proyectos ya que, como se puede observar para el caso particular del proyecto "Elaboración de Nuggets de cerdo" permitió comparar los resultados obtenidos con la planilla de cálculos cargados y realizados en forma tradicional con los datos de la sensibilización y así decidir si el mismo es viable de ser concretado.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Sappag Chain, Nassir. "Preparación y evaluación de proyectos" Quinta edición. Editorial. Mc Graw Hill. 2008

[2] Carlos Ramírez Cardona. "Fundamentos de la administración" Colección textos universitarios. ECOE Ediciones, 2002

[3] Marcial Cordoba Padilla. "Formulación y Evaluación de Proyectos" Segunda Edición. ECOE Ediciones, 2011

[4] Semyraz, Daniel J. "Elaboración y evaluación de proyectos de inversión" Segunda edición. Ed. Osmar Buyatti. Buenos Aires: 2014

[5] Rogelio Villanueva. "Formulación y Evaluación de proyectos de Inversión de PYMES" Tomo 1. Serie: Ediciones Especiales. EDUNER Editorial de la Universidad Nacional de Entre Ríos. 2017

Área: INNOVACIÓN Y GESTIÓN DE PRODUCTOS

ECORACK – CREANDO VALOR EN FORMA COOPERATIVA Y SUSTENTABLE. Bueno, Moisés Evaristo; Dos Reis, María Rosa; Arrien, Luis María; Xodo, Daniel.

ANÁLISIS ERGONÓMICO VIRTUAL EN EL DISEÑO DE MÁQUINAS Y SISTEMAS PRODUCTIVOS. Abet, Jorge Eduardo, Carrizo, Blanca Rosa, Bassetti, Julio.

ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DEL PROCESO DE DESARROLLO DE PRODUCTOS EN EMPRESAS LÁCTEOS. Rossetti, Germán; De Greef, Melisa; Arcusin, Leticia; Ferreira, Daniela.

EL PARADIGMA DE LA ECO-INNOVACIÓN EN EL CONTEXTO DE LAS INDUSTRIAS DE BAJO Y MEDIO CONTENIDO TECNOLÓGICO. Herrería, Elisabeth Ruth; Jäger, Mariano Daniel.

DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA APLICAR MEJORA CONTINUA EN LA CALIDAD DE UN ALIMENTO A TRAVÉS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL . D'Onofrio, María Victoria; Vargas Kostiuik, María Eugenia; González, Mariela Azul.

REVISIÓN Y ANÁLISIS DE ENVASES ACTIVOS E INTELIGENTES: SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA . Nicolao García, José Ignacio; Zárate, Claudia.

CONDUCTA INNOVATIVA DE LAS FIRMAS INDUSTRIALES DE ENTRE RÍOS INNOVACIÓN Y GESTIÓN DE PRODUCTOS. Blanc, Rafael Lujan; Hegglin, Daniel; Rodriguez, Alejandra.

DISEÑO DE MODELO DE MÁQUINA PARA PRODUCCIÓN DE BRIQUETAS DE HUESOS DE ACEITUNA. Quiles, Angel Ismael; Ferro, Horacio; Boschín, Edgardo; Cerioni, Juan Jesús; Barón, Iván; Morbidelli, Ariel; Sáenz, Juan; Ríos Vizcaíno, Braulio; Rivelli, Facundo.

MEDICIONES DE SATISFACCIÓN DEL CLIENTE MEDIANTE TÉCNICAS DE TEXT MINING. Alonso, Sebastian; Bonoli Escobar, Mariano; Picasso, Emilio.

TRIZ. METODOLOGÍA DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS INGENIERILES BASADOS EN EL CONOCIMIENTO. Nishiyama, Juan Carlos; Requena, Carlos Eduardo; Yonni, Fernando; Vaca, Sergio Gabriel.

NUEVO SISTEMA DE SEGURIDAD PARA PREVENIR LA CAÍDA DE LOS USUARIOS EN LAS VÍAS DE LOS SUBTERRÁNEOS DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES. Rissetto, Miguel Angel; Sozzani, Leticia.

INFLUENCIA DE LA RESILIENCIA EN PROYECTOS ASOCIATIVOS PARA EL DESARROLLO PRODUCTIVO. Tolon Estrelles, Pedro.

DESARROLLO DE UN PROCESO DE SOLDADURA DE PUNTO POR FRICCIÓN AGITACIÓN PARA LA INDUSTRIA NAVAL ARGENTINA DE PEQUEÑO PORTE. Pelayo,

Marcelo Fabián; Pascal, Oscar; Sosa, Eugenia; Lombera, Guillermo; Santiago, Diego; Carr, Gustavo.

PLANTA PILOTO PARA LA ELABORACIÓN DE DULCES Y SU APLICACIÓN EN LA REGIÓN. Massini, Omar; Sanoguera, Johana; Arellano, Daniel; Philpot, Osvaldo R.;Crucella, Paula; Casabene, Marcelo; Della Vedova, Juan Manuel; Perotti, Santiago.

IMPACTO EN LA CALIDAD DE ENERGÍA PRODUCIDA CON EE.RR "GENERACIÓN DISTRIBUIDA" EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN. Pessano, Gabriel; Putignano, Nicolás Manuel; Membrives, Javier; Garcia, Javier; Martin, Juan Pablo; Garcia, Chimeno, Ignacio; Montiel, Gabriel Facundo.

HERRAMIENTAS SISTEMÁTICAS DE DISEÑO APLICADAS AL DESARROLLO DE UN NUEVO PRODUCTO. Chodorge, Gastón; Ramos Montes, Manuel A.; Zieniewicz, Pedro A.; Cohen, Rodolfo S.; Enriquez, H. Darío; Kowalski, Víctor A.

ecoRACK – Creando valor en forma Cooperativa y Sustentable

Bueno Moisés Evaristo*; Dos Reis María Rosa; Arrien Luis María¹; Xodo Daniel

*Fac. de Ciencias Exactas, Fac. de Ciencias Económicas, Fac. de Ingeniería, UNCPBA.
Campus Universitario - Paraje Arroyo Seco s/n. CP 7000 – Tandil, Bs. As. - Argentina*

bueno@econ.unicen.edu.ar, mrosadosreis@gmail.com, lmarrrien@fio.unicen.edu.ar,
daniel.xodo@gmail.com,

RESUMEN.

La Cooperativa IMPOPAR, dedicada a la fabricación y comercialización de calefactores; presenta un problema de estacionalidad productiva lo que ocasiona riesgo en la estabilidad laboral para sus empleados-socios.

En conjunto con la UNCPBA surge la propuesta de crear un producto sustentable, denominado ecoRACK, consistente en muebles racks para gabinetes de servidores de computadora o dispositivos de conectividad de redes; con la incorporación de material recuperado de residuos de hardware obsoletos.

El objetivo del presente trabajo es crear una propuesta de producción y comercialización del producto ecoRACK y permitir que paulatinamente la Cooperativa IMPOPAR pueda eliminar los problemas de estacionalidad (bajos ingresos) diversificando su matriz de productos; creando un producto SOSTENIBLE (Dimensión Ambiental + Social + Económica).

Palabras Claves: cooperativa, producción, sostenible, racks

ABSTRACT

The IMPOPAR Cooperative, dedicated to the manufacture and commercialization of heaters; presents a problem of productive seasonality which causes risk in the labor stability for its employees-partners.

Together with UNCPBA, the idea is to create a sustainable product, called ecoRACK, consisting of furniture racks for computer server cabinets or network connectivity devices; with the incorporation of material recovered from obsolete hardware waste.

The objective of this work is to create a proposal for the production and commercialization of the ecoRACK product and to gradually allow the IMPOPAR Cooperative to eliminate the problems of seasonality (low income) by diversifying its product matrix; creating a SUSTAINABLE product (Environmental + Social + Economic Dimension).

¹Facultad de Ingeniería – Campus Olavarría

1. INTRODUCCIÓN

“La Cooperativa IMPOPAR Ltda., radicada en Tandil, Provincia de Buenos Aires, Argentina, es una empresa cooperativa conformada en 2004 a partir de la quiebra de la empresa de capital IMPOPAR.

La empresa fabrica y distribuye calefactores de marca reconocida en el país y tiene una capacidad instalada que permite una producción diaria de más de 300 calefactores, cifra que ha disminuido drásticamente a partir de la conformación de la cooperativa debido fundamentalmente al número de operarios de la planta actual” [1].

La cooperativa presenta problemas productivos de alta estacionalidad en la demanda por tratarse de la elaboración de productos de calefacción, cuestión que redundo en problemas de financiamiento para mantener la estructura de costos fijos de la planta y la estabilidad de los trabajadores.

Para hacer frente a esta problemática la UNCPBA ha colaborado con una amplia variedad de aportes académicos, dando apoyo profesional a la Cooperativa tanto en la parte organizacional/administrativa como en la sección industrial.

Una de estas ideas / proyectos fue presentado en el Congreso Argentino de Ingeniería Industrial 2016, y consiste en la propuesta de elaboración de un producto alternativo denominado ecoRack, que consiste en un mueble rack con la incorporación de material recuperado de residuos de hardware obsoletos [1].

El material recuperado proviene del trabajo interdisciplinar entre la ONG Punto Verde, el Municipio de Tandil y el Programa REHTO (Reutilización Eficiente de Hardware Tecnológicamente Obsoleto)² de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad.

La financiación de la idea/proyecto fue adjudicada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación, a través de la convocatoria 2016 en Proyectos Asociativos de Diseño (PAD), para la elaboración de un prototipo del producto.

El producto ecoRACK es plausible de ser producido y comercializado por la empresa Cooperativa, con el apoyo de Gestión dado por la Universidad, al menos en etapas preliminares de producción y comercialización.

El objetivo del presente trabajo es crear una propuesta de producción y comercialización del producto ecoRACK, de forma de establecer una continuidad al proyecto anterior “Creación de valor por diversificación en fábrica recuperada - CASO IMPOPAR” y permitir que paulatinamente la Cooperativa IMPOPAR pueda eliminar los problemas de estacionalidad (bajos ingresos) diversificando su matriz de productos.

El énfasis se hace en la etapa de inserción en el mercado de Racks, siendo un producto que no posee temporalidad en su demanda y que es elaborado de manera sustentable y eficiente. Con respecto a este último punto, los objetivos técnicos planteados incluyen: utilizar materiales reciclados, mejorar el diseño del ciclo productivo y lograr una diferenciación del producto en el mercado mediante la incorporación de accesorios de personalización y monitoreo de parámetros (humedad, temperatura, fuente de alimentación).

El aporte de la Cooperativa consiste en brindar las instalaciones de la planta, su experiencia, el tratamiento de la materia prima, en especial chapa, el aporte de las máquinas industriales necesarias para la producción, la mano de obra necesaria para la elaboración de los racks como aporte sustancial y sus canales de comercialización y equipo de venta.

1.1 Alcances del Trabajo

Se busca incorporar el diseño, fabricación y comercialización de un nuevo producto (Racks) a una cooperativa dedicada a la fabricación, comercialización y venta de calefactores, para evitar el problema de estacionalidad en los puestos de trabajo.

Se realizarán racks para servidores y conectividad de datos en redes, incluyendo el desarrollo de KIT para personalizaciones e incorporando gradualmente en el proceso de producción material reciclado.

El diseño de producto y procesos productivos son de alta exigencia para el desarrollo de un producto competitivo, en especial por la incorporación de materiales provenientes del reciclado. Esta decisión obliga a garantizar el volumen y calidad necesarios para poder operar con dichos materiales.

El desarrollo de mercado de un nuevo rubro, diferente del área de calefactores; genera un compromiso de acompañamiento a la cooperativa IMPOPAR por parte de la UNIVERSIDAD y otros organismos para lograr el posicionamiento del nuevo producto.

²<http://rehto.unicen.edu.ar/>

Son límites del trabajo el no lograr un producto SOSTENIBLE (Dimensión Ambiental + Social + Económica); es decir no poder sostener el flujo de material reciclado, no sostener o incrementar las fuentes de empleo de la cooperativa IMPOPAP y/o no comercializar los ecoRack por altos costos o no ser competitivo.

2. DESARROLLO

2.1 Antecedentes de desarrollo.

El presente proyecto es continuación del proyecto presentado en COINI 2016.

Para la ejecución del proyecto presentado en COINI 2016, se conformó un equipo de trabajo interdisciplinar compuesto por Docentes e Investigadores de la Facultad de Exactas, Facultad de Económicas y Facultad de Ingeniería de la UNCPBA, además de personal de la Secretaría de Extensión de la UNCPBA; participaron también integrantes del programa REHTO (Reutilización Eficiente de Hardware Tecnológicamente Obsoleto) y se convocó a personal de INTI Tandil.

El Proyecto consistió de las siguientes etapas: Estudio preliminar de mercado del nuevo producto (etapa 1), Diseño industrial del nuevo producto (etapa 2), Medición y control de capacidad productiva de la empresa a fin de fabricar el nuevo producto (etapa 3), Análisis de disponibilidad y uso de equipos reacondicionados o reciclados a fin de ser contenidos en el nuevo producto (etapa 4), Análisis de factibilidad integral de realización del nuevo producto (etapa 5), Puesta en marcha de fabricación de prototipo (etapa 6), Controles de calidad y evaluación integral de prototipo (etapa 7), Reacondicionamientos en general de planta productiva (etapa 8).

Estratégicamente se consideraron las primeras cinco etapas con muy fuerte análisis y diseño del producto. En la etapa 3 se midió el impacto productivo en conformidad con la capacidad instalada de planta. En esta etapa se presentó como inconveniente a la toma de decisiones para inversión y/o propuestas de reacondicionamiento de planta, la forma de gobierno de la Cooperativa, debido que al ser una empresa recuperada 'todos son dueños' y las decisiones son por consenso mayoritario.

Para solucionar este inconveniente se establecen como premisas fundamentales: intentar no hacer cambios o inversiones importantes en la capacidad instalada, no forzar la incorporación de capacidades especiales o RRHH no disponibles en el personal actual.

En la etapa 4 se dimensionó el potencial de material a reciclar y su posible incorporación al modelo productivo a proponer. En esta etapa se evidenció el inconveniente de una disparidad y fluctuación notable del flujo de 'materias primas' provenientes del reciclado.

Para solucionar este inconveniente se están relevando qué características poseen la mayoría de las materias provenientes del programa REHTO de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNCPBA y de los existentes 'Punto Limpio' del municipio de Tandil. Se hace evidente que el volumen es importante pero a priori, y sólo bajo el aspecto monetario; puede suceder que el reacondicionamiento de las materias primas provenientes del reciclado sea de costo elevado para su utilización en escala productiva.

Ante la incertidumbre de conocer con precisión la disponibilidad de materiales provenientes del reciclado, se presentan y proyectan una serie de acciones:

- a) Comenzar a 'reutilizar' pequeños insumos metálicos (ej. Tornillos, chapa sujeta cables, grampas, bandejas, correderas, etc.)
- b) Presentar propuestas de desguace y almacenado de 'materias primas' provenientes de la reutilización realizada:
 - a. Por el mismo IMPOPAP y generando un 'ingreso' extra en la venta de material no insertado en el producto rack.
 - b. Por una cooperativa o agentes 'recuperadores' a fin de generar nueva fuente de ingreso para estos agentes.

En todos los casos la solución es una propuesta de carácter social y ecológico, por sobre el sólo aspecto económico financiero.

- c) Incorporar posibles elementos electrónicos 'reacondicionados' tales como sensores de varios tipos o equipos de enfriamiento. En este punto es importante crear una política de garantizar el perfecto funcionamiento de dicho equipamiento y en tal sentido personal de REHTO es de gran apoyo en esta función.

En la etapa 5 se presentó la respuesta teórica de factibilidad integral de realización del nuevo producto, y en conjunto con las etapas 6, 7 y 8 se hizo evidente la posibilidad de incorporar mayores grados de calidad y mejores performances en base a pruebas realizadas sobre el análisis de planos, prototipo y sugerencias de expertos, en beneficio de facilitar la comercialización y producción en serie del modelo de rack.

Además se evidenció la posibilidad de incorporar en forma programada mayor porcentaje de material reciclado en la fabricación de los rack, considerando la calidad y la relación costos/beneficios.

Todos estos puntos y cuestiones no resueltas o en proceso de solución, dan origen al presente proyecto.

2.2. El desarrollo actual

Se considera un proyecto de innovación y gestión de producto ya que busca diferenciarse en el mercado innovando en el proceso de elaboración, por la incorporación de material reciclado y un conjunto de accesorios que preverán una mejor prestación.

El diseño interviene en: el proceso productivo, materia prima utilizada, trabajo en la cadena de comercialización, decisiones de clientes a la hora de diseño y el correspondiente diseño y armado de kits para satisfacer al cliente, con la premisa de utilización de material reciclado en mayor medida.

Acciones tendientes a la personalización, el estudio de mercado, creación de valor y comercialización de racks; la incorporación programada de material reciclado y las mejoras tecnológicas incorporadas con trabajo interdisciplinar entre la UNCPBA y la Cooperativa IMPOPAR, fundamentan la ejecución del proyecto.

2.2.1 Actividades

A modo de detalle operativo se enuncian posibles actividades a realizar y los resultados que se esperan lograr:

Tabla 1: Actividades

<i>Descripción</i>	<i>Actividades principales</i>	<i>Resultados esperados</i>
Relevamiento disponibilidad de material a reutilizar	Evaluar, relevar, clasificar, pronosticar y generar stock y flujo suficiente para la realización de Eco-Racks.	Contar con la materia prima proveniente de la reutilización para los EcoRacks a producir.
Adquirir fondos necesarios para comprar materiales para los EcoRcks	Establecer con precisión el costo de cada unidad de Eco-Racks, incluyendo en el análisis el material reutilizado factible, los insumos propios de los Eco-Racks y los adicionales por los kits	Establecer el costo preciso por unidad de EcoRacks. Obtener los fondos necesarios.
Estudio de mercado. Contacto con posibles compradores.	Realizar un estudio de mercado para detectar y contactar posibles clientes. Definir una estrategia de difusión y comercialización.	Contactados clientes, y definición de estrategia de comercialización.
Diseño e implementación de proceso productivo	En base a las necesidades evaluadas en los clientes, el flujo de materiales reutilizados, la disponibilidad de fondos y la capacidad productiva; diseñar el proceso productivo.	Diseño e implementación del proceso productivo.
Documentación y versionado de producto	Documentar el diseño y proceso productivo. Generar versionado de productos a fin de detallar personalizaciones o kits.	Documentar el proceso productivo. Versionado de producto.
Comercialización, despacho y entrega de productos.	Realización de tareas administrativas, empaquetado, logística y evaluación de satisfacción de clientes.	Productos entregados y operando en el mercado.

En los siguientes párrafos se resumen algunas cuestiones que intervienen en el proceso de decisión en alguna de las fases o actividades, así como aspectos importantes considerados.

-En las reuniones del grupo de trabajo se evaluaron distintas alternativas de elaboración del producto y finalmente se llegó a la decisión de realizar “un esquema de rack de tipo ‘apilables’ con posibilidad de incorporación de KITS o accesorios (módulo de monitoreo y conectividad, kit rueditas, kit exterior)”.

-Un factor clave fue la evaluación de la posibilidad de utilizar componentes de Hardware o electrónicos que son descartados y en qué porcentajes, a tal efecto desde REHTO se mostró el procedimiento para utilizar el material proveniente del reciclado de componentes electrónicos en general e informaron sobre el funcionamiento en lo concerniente a la Universidad, a Punto Limpio de Tandil y la existencia del trabajo con una empresa de Mar del Plata con la cual se trabaja en forma conjunta.

-A los efectos de lograr un producto de mayor calidad, se decide trabajar bajo normativas vigentes, lo que derivó en una investigación sobre las normas aplicables a productos rack, destacando que en lo referente a normativas de reutilización de componentes electrónicos la legislación es escasa. -A través de INTI Buenos Aires³, se accede a las siguientes normas, considerándolas suficientes para realizar un producto de calidad:

- NTE INEN 2568 (2010) (Spanish): Tableros, gabinetes, cajas de paso, cajas de alumbrado, racks y accesorios de rack. Requisitos
- IS 11719-1-1 (1986): Dimensions of mechanical structures of the 482.6 mm series, Part 1: Cabinets and pitches of rack structures, Section 1: Cabinets [LITD 3: Electromechanical COmponents and Mechanical Structures for Electronic Equipment]
- IS 11719-1-2 (1986): Dimensions of mechanical structures of the 482.6 mm series, Part 1: Cabinets and pitches of rack structures, Section 2: Pitches of rack structures [LITD 3: Electromechanical COmponents and Mechanical Structures for Electronic Equipment]
- IS 11719-2-1 (1986): Dimensions of mechanical structures of the 482.6 mm series, Part 2: Subracks and associated plug-in-units, Section 1: Subracks [LITD 3: Electromechanical COmponents and Mechanical Structures for Electronic Equipment]
- IS 11719-2-2 (1986): Dimensions of mechanical structures of the 482.6 mm series, Part 2: Subracks and associated plug-in-units, Section 2: Plug-in Units [LITD 3: Electromechanical COmponents and Mechanical Structures for Electronic Equipment]

-En conjunto con el personal de IMPOPAR se evaluaron distintos modelos de rack, en especial haciendo énfasis en dimensiones, tipo de chapa utilizado, plegados, guillotizados necesarios, pinturas especiales, perforaciones y punzonado, precisión en general, etc., con el propósito de, a priori; conocer el potencial productivo de la capacidad instalada en la empresa.

-Una de las observaciones más importantes que surgieron del análisis de la capacidad productiva, fue que, si bien con la maquinaria existente se podía realizar el prototipo, demandaba tiempos altos de trabajo artesanal. Esta cuestión ser vería solucionada con otro tipo de maquinaria, disminuyendo los tiempos de producción y mejorando la calidad del producto, lo cual dio sustento a la compra de una cortadora de plasma para lograr la concreción del producto en forma más eficiente.

3. CONCLUSIONES.

La cooperativa IMPOPAR, produce únicamente calefactores lo que posee una temporalidad en la demanda. Se pretende incorporar un producto alternativo como los Racks para generar trabajo durante todo el año.

Utilizar materiales reciclados, mejorar el diseño del ciclo productivo y lograr una diferenciación del producto en el mercado mediante la incorporación de accesorios de personalización y monitoreo de parámetros (humedad, temperatura, fuente de alimentación).

Las características de abordaje interdisciplinar en el aporte de soluciones sociales a la población beneficiaria, permite la creación de “valor social” a través del aporte dado por la dimensión estructural y relacional del capital social en el que se está inmerso.

4. REFERENCIAS.

- [1] Bueno, Moisés; Dos Reis, María; Xodo, Daniel; Arrién, Luis (2016). “Creación de valor por diversificación en fábrica recuperada. CASO IMPOPAR”.IX Congreso Argentino de Ingeniería Industrial - COINI 2016. Salta, Argentina. ISBN 978-987-1896-74-5

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Ing. Rosana Ferrati por su colaboración incondicional con el Proyecto.

³Es importante mencionar que los contactos con INTI Bs As se hicieron a través de la participación en COINI 2016, en la ciudad de Salta.

Análisis ergonómico virtual en el diseño de máquinas y sistemas productivos

“X Congreso Argentino de Ingeniería Industrial”

Abet Jorge Eduardo ⁽¹⁾, Carrizo, Blanca Rosa ⁽²⁾, Bassetti, Julio ⁽³⁾

*GICAPP “Grupo de Investigación en Control Avanzado de Procesos y Producción”
Dpto. Ingeniería Industrial / Facultad Regional Córdoba / Universidad Tecnológica Nacional
Maestro Marcelo López s/n. Ciudad Universitaria. Teléfono: 5986011*

(1) (2) (3) jabet@i.frc.utn.edu.ar / bcarrizo@frc.utn.edu.ar / jassetti1@hotmail.com

RESUMEN

El mantenimiento es uno de los factores claves y estratégicos para el sostenimiento y éxito de las empresas ya que sus actividades están estrictamente relacionadas con los costos que significa el paro de una máquina, asociado al factor humano.

En las décadas últimas, las leyes y normas en materia laboral específicamente en seguridad y ergonomía tienen marcada importancia no solo en los puestos de trabajo sino específicamente en aquellas tareas destinadas al mantenimiento.

Se debe cubrir los requerimientos operacionales y de mantenimiento desde inicio del ciclo de vida del producto y que atienda las necesidades no solo de los operadores sino particularmente de los mantenedores.

Sin embargo debemos decir que, en los últimos años se le ha dado importancia a la Ergonomía y para mejorar los análisis de los puestos y de los procesos se han comenzado a utilizar los modelos humanos digitales (*Digital Human Models-DHM*) que permiten simular los procesos lo cual permite realizar previamente un análisis ergonómico en forma virtual.

Estos modelos permiten modificar el modelo humano y evaluar la accesibilidad, las posibles posturas, el estrés y fatiga que se generan.

La industria se halla sometida a una fuerte y constante presión competitiva se requiere recurrir a nuevas herramientas que permitan tomar decisiones sobre la concepción del producto/proceso sin modelos físicos.

En esta presentación veremos las ventajas del uso de modelos virtuales para la valoración postural del puesto de trabajo y de las actividades conexas de mantenimiento.

La simulación ergonómica virtual es uno de las alternativas para poder determinar las mejoras en el diseño de máquinas, en su mantenibilidad y principalmente mejorar los procedimientos a utilizar en las tareas de operación y mantenimiento de máquinas y equipos.

Se expone las ventajas del uso y el estado del arte en materia de simulación virtual en el diseño de máquinas y sistemas productivos.

Palabras Claves: Ergonomía, modelos humanos virtuales, mantenibilidad, diseño de sistemas y máquinas.

ABSTRACT

Maintenance is one of the key and strategic factors for the sustainability and success of companies since their activities are strictly related to the costs of stopping a machine associated with the human factor. In the last decades, labor laws and regulations specifically on safety and ergonomics are important not only in jobs but specifically in maintenance tasks.

The operational and maintenance requirements must be met from the beginning of the product life cycle and that meets the needs not only of the operators but particularly of the maintainers.

However, we must say that in the last years Ergonomics has been given importance and to improve the analysis of positions and processes, digital human models (DHM) have been used to simulate the processes which allow performing an ergonomic analysis in a virtual way.

These models allow modifying the human model and evaluating the accessibility, the possible postures, the stress and fatigue that are generated.

The industry is subject to a strong and constant competitive pressure is necessary to resort to new tools that allow making decisions on the conception of the product / process without physical models. In this presentation we will see the advantages of using virtual models for postural assessment of the job and related maintenance activities.

The virtual ergonomic simulation is one of the alternatives to be able to determine the improvements in the design of machines, their maintainability and mainly improve the procedures to be used in the tasks of operation and maintenance of machines and equipment.

The advantages of the use and the state of the art in virtual simulation in the design of machines and production systems are exposed.

Keywords: Ergonomics, virtual human models, maintainability, design of production systems and machines

1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías para la automatización de la producción industrial procesos juegan un papel clave en la industria en las últimas décadas, pero todavía hay varias operaciones que requieren manipulación manual debido a la flexibilidad y la habilidad de operadores humanos. Algunas de estas tareas de manipulación relacionadas con cargas físicas o posturas incómodas pueden producir estrés o sobrecarga en los músculos y las articulaciones, y potencialmente generan un mayor riesgo para las personas generando trastornos musculoesqueléticos.

El diseño de sistemas mecánicos complejos debe ser concebido de forma tal que las tareas de los agentes que los utilizan y los mantienen sean facilitadas. Para cumplir con este objetivo, necesitamos una serie de instrucciones detalladas que garanticen un proceso exitoso y un ambiente de trabajo seguro y confortable. [1]

La ergonomía se define como la relación entre el hombre, la máquina y el equilibrio en la aplicación de principios anatómicos, fisiológicos y psicológicos para resolver los problemas derivados de esta relación (hombre-máquina). En la etapa de diseño se deben considerar y estudiar los aspectos ergonómicos de parte de los operadores. Algunos de estos son los factores anatómicos en la tarea del operador, la disposición de los paneles de visualización para la percepción exacta de los operadores, el diseño de manipuladores con posean bajos gastos energéticos en las posiciones posturales y otros tales como la iluminación, el ruido y las condiciones climáticas del ambiente de la máquina. Otro de los factores importantes a tener en cuenta es sobre las condiciones en que el hombre debe realizar las tareas de mantenimiento de la máquina, aquí vemos la importancia de la mantenibilidad y la ergonomía desde el momento del diseño de máquinas o sistemas productivos.

Durante los últimos años el desarrollo de las herramientas de simulación de flujos productivos ha experimentado un rápido crecimiento. La simulación y visualización en 3D, potencia la posibilidad de estudiar la secuencia real de montaje en un entorno virtual, permitiendo dar respuesta al desarrollo de líneas de montaje y observar cómo se afecta la producción y qué impacto tiene sobre el hombre. Introducir modelos digitales humanos que permitan estudiar la adaptación de las personas en líneas imaginarias sin necesidad de conformar prototipos físicos sin duda ayuda a reducir los costos y tiempos de desarrollo de estos sistemas productivos.

Una de las posibilidades que presentan los estudios de simulación, es la de poder evaluar distintas alternativas y realizar estudios modificando pequeños parámetros de un modelo donde un modelo virtual humano es de gran ayuda para evaluar distintos escenarios y poder relacionar una mejora en el puesto de trabajo que y que esta cumpla con estándares desde el punto de vista ergonómico. [3]

El modelo digital humano (DHM) (digital human model) es una técnica cada vez más probada teniendo como centro del sistema de diseño el trabajo humano lo que permite validar las cuestiones ergonómicas en las tareas a desarrollar. Los beneficios que DHM y en particular en la ergonomía son reconocidas, tanto en el mundo académico y como en grandes empresas, pero aún está lejos de ser ampliamente aplicada. Esto puede ser debido a varias razones, que pueden ser, entre algunos otros:

- Metodológica: la falta de integración de estas nuevas herramientas con los tradicionales y también a lo largo del ciclo de vida del producto y en particular en la fase del diseño conceptual.
- Psicológico: la inercia para los cambios, se continúa con las conocidas herramientas de diseño. Y se sigue con los procedimientos y prácticas habituales incluso si se demuestra que estas nuevas herramientas innovadoras pueden traer mejores resultados.
- Organización: dificultades para la estimación y la explotación (costo / beneficio). Esta valoración está relacionada con la primera ya que al no conocer el método de trabajo DHM, no se puede relacionar los posibles beneficios de su uso. A esto se suma la resistencia psicológica al cambio, con lo cual se reduce drásticamente la introducción de un método innovador por parte de los diseñadores. De forma análoga, también cuestión de organización será indirecta enfrentado, como un enfoque estructurado puede ayudar también en la definición de un escenario de inversión más claro y definido.

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta la ergonomía virtual en la actualidad, es la desconfianza de los industriales en el desempeño y funcionalidad de este tipo de aplicaciones.

La principal creencia es que la inversión en programas ergonómicos, no trae beneficios tangibles para la empresa. Pero es necesario pensar que los actores principales para el logro de la calidad y la productividad en las líneas de producción, son los operarios y si no se le brindan las condiciones ergonómicas suficientes, los resultados, pueden no ser los mejores.

El ambiente mundialmente competitivo en el que se desenvuelven las empresas productoras de bienes, en la actualidad y el impacto del manejo de la información en el proceso administrativo, en la planificación, ejecución y control, les exige altos niveles de productividad, calidad y efectividad.

Por ello, las empresas han buscado nuevas formas de estructurar su proceso y de mejorarlo, de tal forma que los costos asociados en los análisis requeridos, se vean minimizados y a la vez la información generada por el análisis sea confiable, dándoles la oportunidad de llevar a cabo estrategias de mejora y expansión.

Este camino conduce a la necesidad de buscar formas alternativas y sin duda justificar el desarrollo de proyectos ergonómicos, que influyan en la mentalidad del empresario de una manera positiva y logren proyectar los beneficios, de aplicar proyectos ergonómicos.

Los trabajos virtuales de proyectos ergonómicos, propone un análisis o prospectiva del proceso de producción, fundamentado en la generación de una historia virtual del proceso, que permita definir de una forma confiable y a bajo costo, los beneficios de aplicar proyectos ergonómicos a las líneas de producción.

El objetivo del uso de tecnologías virtuales es la de poder sustentar gráfica y analíticamente, la factibilidad de aplicar proyectos ergonómicos, en líneas de producción con ensamble manual, mediante el uso de la simulación de eventos discretos. Para cumplir con este objetivo, se plantea la hipótesis de investigación, analizando dos variables interdependientes, que den como resultado un cambio en la mentalidad del empresario, con respecto a la aplicación de proyectos ergonómicos, mediante la generación de información confiable y de bajo costo, por medio de la simulación.

Por lo expuesto, la hipótesis consiste en generar una metodología, que permita realizar un diagnóstico de problemas ergonómicos y obtener mejoras de una forma heurística, basadas en principios, técnicas, procedimientos y normas de la ergonomía. Una vez realizada esta metodología, por medio de la simulación por computadora, se comprobará de qué manera se relacionan las mejoras ergonómicas en las estaciones de trabajo con el aumento de la productividad en una línea de producción con ensamble manual.

2. MARCO TEÓRICO

La ergonomía es una metodología de aplicación práctica e interdisciplinaria, fundamentada en investigaciones científicas, que tienen como objetivo la optimización integral de Hombres-Máquinas, los que estarán siempre compuestos por uno o más seres humanos cumpliendo con una tarea cualquiera con ayuda de una o más máquinas. Al decir optimización integral queremos significar la obtención de una estructura sistemática (y su correspondiente comportamiento dinámico), para cada conjunto interactuante de hombres y máquinas, que satisfaga simultánea y convenientemente a los siguientes tres criterios: Participación, Producción y Protección. [2]

La amplitud con que se han fijado estos tres criterios requiere, para su puesta en práctica, de la integración de diversos campos de acción que en el pasado se desarrollaban en forma separada y hasta contrapuesta. Esos campos son principalmente:

- El ambiente físico de trabajo (confort e higiene laboral).
- El diseño de herramientas, maquinarias e instalaciones pensando en el usuario de las mismas.
- El método de trabajo (rendimiento y seguridad).
- Selección profesional.
- Capacitación y adiestramiento.
- Evaluación de tareas y puestos.

La intervención ergonómica considera a todos esos factores en forma conjunta e interrelacionada. Al aplicar diseños ergonómicos en las líneas de producción, se busca que las tareas del operador sean más sencillas y rápidas, y que el mismo se sienta cómodo y con cierta seguridad física y mental.

El tiempo estándar para una operación determinada es el tiempo requerido para que un operario medio, calificado y adiestrado, desempeñándose a un ritmo normal, lleve a cabo la operación esperada. Este tiempo se obtiene sumando todos los tiempos asignados de los elementos comprendidos en el estudio. Los tiempos elementales concedidos o asignados se evalúan multiplicando el tiempo elemental medio.

La productividad es la cantidad de trabajo realizado entre la unidad de tiempo, es decir la efectividad del trabajo realizado y se mide a través del tiempo empleado para realizarlo.

Con esto se puede decir que entre más tiempo se demore a la hora de la elaboración de un producto se es menos productivo.

El diseño dentro de la industria ha reportado avances importantes en el campo de la ingeniería de factores humanos (ergonomía), se ha generado amplios estudios sobre antropometría estática y dinámica, sobre disposición y características de los instrumentos de control y sobre la relación hombre-entorno laboral. Cabe destacar, por otro lado, la rápida evolución de la simulación está transformando las perspectivas de propuestas tanto de proyectos industriales o de diseños de nuevos sistemas o máquinas influenciando el concepto de fiabilidad y mantenibilidad en la concepción de los mismos.

La simulación, es la imitación de la operación de un proceso o sistema del mundo real, a través del tiempo. Involucra la generación de una historia virtual del sistema, y su observación, ayuda a tener inferencias concernientes a las características de operación, del sistema real.

Se pretende que, en los trabajos posturales por su origen multifactorial puedan influir especialmente la exposición a carga física y a los principales factores asociados a ésta, como son la postura, la fuerza y el tiempo/organización del trabajo.

Son los métodos y sistemas de evaluación ergonómica los que van a permitir estudiar la carga física que soporta el trabajador en cada situación. Estos pueden evaluar la carga externa del puesto de trabajo o bien la reacción que puede producir en el individuo o carga interna.

Las reacciones internas al esfuerzo del trabajo se reflejan en cambios en la frecuencia cardíaca, presión arterial, temperatura corporal, tensión y fatiga muscular, todas ellas pueden servir como indicadores para medir la carga interna. Sin embargo, estas variaciones están muy influenciadas por las características personales de los trabajadores (edad, sexo, preparación física, patologías previas), por lo que la reacción a la carga física puede variar considerablemente en función de la capacidad individual. Todo ello dificulta establecer criterios generales para determinar si una tarea puede producir traumatismos musculo-esqueléticos midiendo dichos parámetros.

No obstante, se han desarrollado una serie de Modelos Biomecánicos que sí permiten medir la carga interna del sistema musculo-esquelético. Las fuerzas internas y momentos pueden ser calculadas con estos modelos a partir de los movimientos y las fuerzas externas, de inercia y de gravedad, considerando también aspectos antropométricos y la reacción de las estructuras internas.

La utilización de instrumentos de medición directa ha facilitado considerablemente la aplicación de estos modelos. Con todo, la mayoría de los métodos ergonómicos desarrollados evalúan la carga externa del trabajo, existiendo diferencias importantes entre ellos por el número de zonas corporales y factores de riesgo que analizan.

La exposición biomecánica se debe medir siempre en función de tres dimensiones: nivel o intensidad, la repetitividad o frecuencia y la duración de la tarea realizada.

Muchos autores coinciden en clasificar los Métodos Ergonómicos que evalúan el riesgo de sufrir afectaciones de origen laboral en tres categorías principales:

- **Autoevaluaciones o “auto reportes” de los trabajadores.** Se usan para conocer la exposición laboral a factores tanto físicos como psicosociales, utilizando entrevistas, cuestionarios o diarios de los trabajadores.
- **Métodos de observación.** Se pueden diferenciar en:
 - Técnicas simples: Con ellas se registra de manera sistematizada la exposición al riesgo. El observador evalúa y recoge los datos sobre una serie de factores, utilizando una serie de cuestionarios diseñados específicamente, para poder posteriormente valorar y establecer prioridades de intervención en el puesto de trabajo.
 - Técnicas avanzadas: Han sido desarrolladas para la evaluación postural de actividades dinámicas, registrándose los datos en video y analizándose posteriormente a través de un software específico.
- **Medición directa:** Se lleva a cabo con instrumentos o sensores conectados directamente al individuo, con los que se miden las diferentes variables de exposición al riesgo en el trabajo.

De los tres tipos de métodos expuestos para medir la carga externa del trabajo: los auto informes, los observacionales y los de medición directa, estos últimos son los que aportan **mayor exactitud**. Por tanto, **la precisión y la objetividad** pueden considerarse como las principales ventajas de este tipo de métodos.

Como **limitaciones** de la medición directa se puede apuntar que, en la mayoría de los casos, el posterior análisis e interpretación de los datos debe ser realizado por personal especializado y casi siempre requiere un análisis importante post proceso. La instrumentación necesaria en estos métodos demanda habitualmente una importante inversión económica inicial y en algunos equipos específicos pueden presentar errores o dificultades de calibración. Ya existen instrumentos que no sólo son aplicables en laboratorio y pueden utilizarse en el lugar de trabajo.

La tecnología está avanzando de manera significativa para eliminar las limitaciones existentes, todos estos aspectos hacen necesario valorar en cada situación la elección del método el nivel de recursos y precisión necesaria.

3. SIMULACIÓN Y REALIDAD VIRTUAL.

Los estudios de simulación, empleados en diversas áreas investigación y aplicación son de gran utilidad para conocer el comportamiento de ciertos fenómenos bajo diferentes escenarios virtuales a través de algún software especializado. [3]

Los Modelos humanos digitales (DHM) y la simulación virtual facilitan considerablemente evaluaciones ergonómicas. Así la implementación de DHM en herramientas virtuales 3D utilizadas ya anteriormente en procesos de fabricación, permiten realizar cálculos biomecánicos e incluso aplicar métodos ergonómicos observacionales. Todo esto puede ayudar a predecir la fatiga física y el riesgo de sufrir traumatismos musculosqueléticos. [2]

Esta información además, es útil en la validación del diseño del puesto de trabajo y de la organización de las tareas, permitiendo realizar cambios en incluso en etapas tempranas de diseño, lo que favorece la mejora continua del proceso.

Los primeros desarrollos de DMH datan de los años 60 y han sufrido un importante avance recientemente, fundamentalmente por las mejoras que ha supuesto su utilización, y por la resolución de las limitaciones asociadas a los programas de software utilizados.

Se pueden efectuar dos grandes grupos de DMH: **los modelos cognitivos/actuación (CA DHM) y modelos físicos (F DHM)**. Los primeros permiten calcular fuerza y momentos en las articulaciones y otras partes del cuerpo, durante la ejecución de la actividad. El segundo grupo simula la apariencia y movilidad humana mediante un maniquí visualizado gráficamente dentro de un entorno virtual 3D generado por ordenador. [4]

Algunos de los principales modelos comerciales de maniqués que se utilizan actualmente en la simulación ergonómica de procesos industriales son: **3DSSPPTM, EAI Jack® (UGS) y DELMIA HUMAN (Dassault Sistemas), Anybody Modeling System y RAMSIS**. [5]

El movimiento se obtiene en la mayoría de los casos por cinemática inversa, considerando al ser humano virtual como un robot. La realidad virtual (VR) proporciona una recreación del entorno y elementos del trabajo y permite al individuo interactuar a través de ciertos dispositivos.

Se han creado aplicaciones para su uso en ergonomía para evaluar diferentes aspectos de tareas manuales. Es claro que, el objeto de la integración de los métodos de evaluación ergonómica en VR es facilitar el proceso de diseño del trabajo, mejorando la eficiencia y reduciendo el coste.

Hipotéticamente, si un entorno virtual pudiera proporcionar un 100% de fidelidad, haría que el usuario se sintiera igual que en el mundo real, entonces sí se podría medir de forma similar la carga de trabajo de ambas formas. Esto aún no es posible, por las limitaciones técnicas y económicas, pero parece clara la relevancia que esto puede tener en la industria y en la salud laboral por lo que se presenta como una de las más importantes líneas de investigación actualmente.

Diferentes investigadores han desarrollado recientemente estudios ergonómicos a través de simulación y modelos humanos digitales:

- El sistema de simulación de realidad virtual utilizado en su experimento fue el 5DT® HMD 800-26 3D, (<http://www.5dt.com>) para la visualización del entorno virtual y para la captura de movimiento eligieron sensores electromagnéticos de Polhemus (Fastrak y Patriot, <http://www.polhemus.com>). Hallaron correlación positiva en algunos de los índices analizados y en la mayoría de los casos los sujetos experimentaron de manera más temprana malestar y fatiga en entorno virtual.
- Lämkuil et al. en 2009 presentaron un estudio de evaluaciones ergonómicas realizadas en la factoría *Volvo Car Corporation* en Gotemburgo a través de simulación y modelos humanos digitales (DHM-tools) mostrando la utilidad de este tipo de herramientas en el diseño adecuado de las posturas, movimientos y espacios de trabajo. Poniendo de manifiesto que estas técnicas favorecen la retroalimentación para la realizar cambios en el proceso y en el diseño del trabajo.
- En el año 2013 se desarrolló un método de evaluación postural (NERPA) similar al método RULA tratando de superar las limitaciones de éste. El método se aplica a través de un DHM que incluye un modelo biomecánico 3D y que a su vez se integra en una herramienta de diseño CAD. El movimiento es capturado en tiempo real en laboratorio con un sistema óptico y se introduce en el entorno virtual en 3D, todo ello permite la integración del proceso de trabajo, los recursos (equipos, máquinas, herramientas) y los factores humanos ergonómicos.
- También en el año 2013 se crea un modelo digital humano 3D (DHM) dinámico al que transfieren el movimiento capturado por un sistema óptico y que calcula fuerzas y aceleraciones. Permite realizar estudios ergonómicos tanto de tareas reales como simuladas, aplicando procedimientos de las normas UNE y el cálculo del Índice OCRA, en cuanto a postura, fuerza y repetitividad. Se trata de un sistema de laboratorio.
- También en 2013 se presentan ErgoToolkit, sistema que implementa métodos de análisis ergonómico, dentro de las herramientas de simulación de tareas de fabricación que disponen de modelos humanos digitales. Se analizan posturas y esfuerzos y se muestra que son instrumentos útiles para detectar problemas ergonómicos, en fase de diseño, antes de la instalación física del puesto de trabajo. [6]

4. SOFTWARE DE APLICACIÓN

4.1. Jack & Process Simulate Human

Uno del software más utilizados en la actualidad y que reúne varias de las condiciones estudiadas es el Jack & Process Simulate Human de la firma Siemens que es una herramienta de simulación humana de primer nivel para probar sus diseños con personas virtuales para simular, analizar y optimizar los procesos de montaje y la ergonomía. [7]

Esta herramienta Jack incluye los siguientes módulos que proporcionan otras capacidades de simulación humana incluyendo:

- **Task Simulation Builder** (Generador de simulaciones de tareas), Utilizar comandos de alto nivel para el modelo humano en su 3D. Facilita la animación y desarrollo de escenarios. Se pueden probar distintos escenarios intercambiando figuras humanas con diferentes tamaños, mover objetos en el ambiente o cambiando el peso de los objetos. Las posturas y los movimientos simulados son automáticamente calculados y se pueden generar informes y estimaciones de tiempo basadas en tablas estándar de tiempos.
- **Human posturing techniques** (Técnicas de postura humana), se pueden cambiar fácilmente las posturas en los modelos humanos. Jack cuenta con métodos completos y variados para la manipulación y predicción de las posturas. Puede medir la capacidad de predecir la postura basada en Esfuerzos de la fuerza de la mano.
- **Smooth skin human modeling** (Modelado humano de la piel), este módulo emplea tecnología de malla deformable para representar visual y antropométrica de las formas que adopta el cuerpo. Ofrece una solución antropométrica manual y de amplias características de modelado.
- **Customization capabilities** (Capacidades de personalización), Incluyen un fácil acceso de secuencias a los comandos y a la interfaz de programación. Posee complementos en la interfaz que permiten extender y adaptar Jack a las distintas necesidades.

El proceso de simulación lo analiza a través del Software Tecnomatix que permite la simulación de un proceso de fabricación digital. Esta herramienta permite tanto la elaboración como la verificación de las etapas del proceso de fabricación. El software incorpora la simulación humana de procesos que permite simular de forma realista la evaluación del desempeño humano, esto permite evitar lesiones y efectuar estudios ergonómicos eficaces. Esto permite optimizar el diseño de las áreas de trabajo y optimizar el montaje manual. Los fabricantes pueden desarrollar y verificar la planificación del proceso de manufactura de su planta

Esta aplicación permite colaboración en ambientes 3D que puede ser compartido por otras áreas de ingeniería de proceso. [6]

Jack & Process Simulate Human es un componente importante y su software Tecnomatix posee dos Soluciones muy importantes:

- Planificación y validación de los procesos de montaje o ensamble.
- Permite utilizar la robótica y planificar la automatización.

Se puede aplicar generando un escenario real en donde los equipos de planificación pueden procesar Simular Humanos en la siguiente manera:

1. **Crear un ser humano digital** mientras trabaja en su entorno 3D Tecnomatix, podrá seleccionar el tamaño, la forma de la figura humana. Además, estas pueden ser representados con trajes de trabajo típicos, pantalones cortos de ejercicio / camiseta para una visión antropométrica. Esto permite efectuar evaluaciones creando el maniquí humano virtual utilizando datos antropométricos disponibles en Bases de datos. Vemos el menú contextual donde seleccionamos el maniquí virtual y las distintas alternativas (mujer-varón, altura, apariencia, etc.) (Fig. 1)

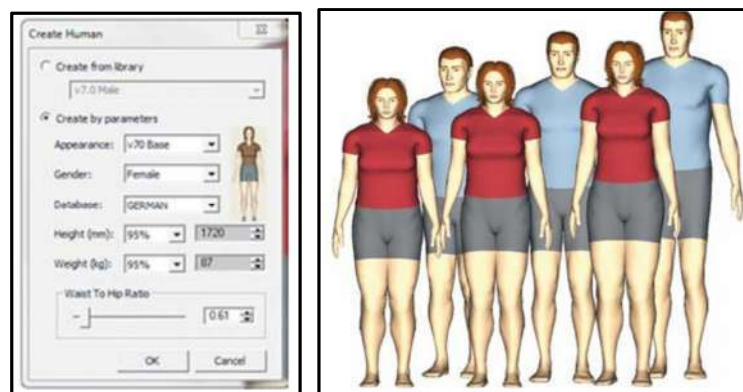


Fig. 1 (fuente <https://www.plm.automation.siemens.com>)

2. **Crear operaciones humanas.** Las operaciones se utilizan para visualizar las posturas y crear simulaciones de tareas completas. Se puede usar el maniquí y usar las diversas herramientas de movimiento de manipulación, incluyendo la postura del cuerpo entero, la ubicación de los pies, y modificar las fuerzas manuales y los esfuerzos posibles como agarrar, caminar, etc. (Fig.2.)

Se puede modificar la habilidad para subir escaleras y rampas; y permiten rápidamente tener al ser humano Interactuando en su contexto de trabajo.

y



Fig. 2 (fuente <https://www.plm.automation.siemens.com>)

3. Analizar el rendimiento y performance humano. Tratar de analizar las posibles cuestiones humanas asociadas a las tareas o a la estación de trabajo. Se puede analizar ahora el desempeño humano usando las herramientas de evaluación que están disponibles tales la evaluación de las demandas físicas con la ecuación de elevación NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*), o usar el *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)* y trabajar con la herramienta de análisis de postura OWAS (*Ovako Working posture Assessment. System*). [7]

Uno de los complementos permite usar un modelo de análisis de espalda que Incluye modelos de musculatura del torso lo que permite predecir los riesgos de lesiones en la espalda. Para evaluar estos riesgos se ha incorporado unas ecuaciones en 3D Static Strength que permiten evaluar potenciales problemas relacionados con la espalda del trabajador en sus tareas.Fig.3.

Una implementación de estas ecuaciones (ForceSolver) permite encontrar cargas y fuerzas aceptables, la frecuencia de las tareas, la duración aceptable.

Además de poder evaluar el rendimiento humano, también permite analizar los tiempos de las operaciones usando los Métodos y normas de medición de tiempo.

Se pueden también utilizar otras herramientas de análisis. Sin duda, se puede utilizar esta herramienta y acceder a la variedad de datos que implican la modificar al modelo humano, incluyendo distintos ángulos de postura, articulación cargas y obtener los resultados de rendimiento y compararlos con nuestras propias herramientas de análisis.



Fig. 3 (fuente <https://www.plm.automation.siemens.com>)

4. Realidad virtual. Con la captura de movimiento en el módulo complementario, se pueden utilizar los movimientos de un ser humano real para animar el avatar digital dentro de su proceso y simular su entorno. Esta capacidad le permite experimentar primero su diseño e identificar los factores humanos que se ven afectados y encontrar procesos alternativos y mejorados de ser necesario.Fig.4.

El Motion Capture proporciona controladores de interfaz con un hardware de captura de movimiento por medio de seguidores que se colocan en el cuerpo en tiempo real e inclusive colocarse guantes de datos. Además, se puede guardar movimientos para reutilizarlos posteriormente propósitos de diseño o revisión.

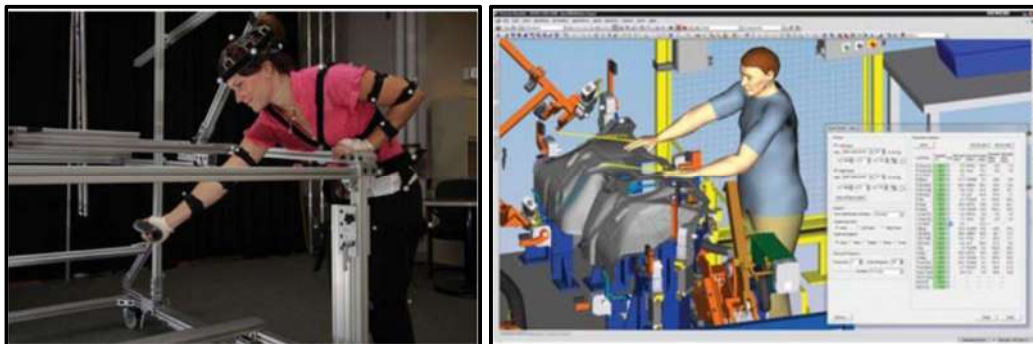


Fig. 4 (fuente <https://www.plm.automation.siemens.com>)

4.2. Delmia Human Catia V5 DMU.

Otro software muy en utilizado en la simulación 3D es el DELMIA de Dassault Systemes el cual permite tener una visión integral del proceso de fabricación. Estas soluciones DELMIA Robotics y DELMIA Automation, utilizan como base la plataforma 3DEXPERIENCE, que facilitan la creación de un modelo virtual de la fábrica.

Este sistema permite visualizar de forma virtual y colaborativa los datos de la fábrica para realizar una mejor toma de decisiones que fomente la reducción del consumo de recursos, energía y tiempos durante la fabricación. Por su parte, DELMIA Automation ofrece ingeniería de control y automatización de la gestión del ciclo de vida para definir, controlar y realizar el seguimiento digital de los sistemas automatizados en un entorno virtual 3D. De esta forma, mediante la creación de una planta virtual, que incluye todos los dispositivos y sus comportamientos, se puede ensayar cómo funcionará una cadena de montaje antes de su construcción física.

Uno de los módulos es denominado DELMIA HUMAN está incorporado en la versión de otro de los productos de Dassault Systemes que es el Catia V5 DMU.

V5 DMU para la simulación humana permite crear, manipular y simular directamente interacciones de maniquí digital en el contexto del producto virtual. Es otra solución que permite evaluar y optimizar la postura humana, la visión y la comodidad directamente en el momento que se lo está diseñando, lo que lleva a decisiones rápidas y cambios en el mismo.

La integración del modelado humano exacto, las posturas y la capitalización de la información de confort hacen que el conocimiento de la empresa sobre ergonomía esté disponible para todos los proyectistas. Para la valoración ergonómica se utilizaron métodos indirectos integrados en la herramienta de simulación: RULA y NIOSH LE.

La introducción de la ergonomía antes en el proceso de diseño reduce el tiempo de diseño

Los maniqués digitales eliminan la necesidad de costosos prototipos físicos y simulaciones humanas reales. La simulación ergonómica integrada mejora la calidad del producto y la conformidad con las normas de la empresa. El uso de catálogos permite capitalizar el know-how de la empresa. Una solución altamente intuitiva permite validar el ensamblaje del producto de una manera eficiente y rentable. [7]

La metodología planteada para el diseño de la línea de montaje consta de dos (2) etapas y se resume en el siguiente diagrama utilizando el software de DELMIA HUMAN V5 R14 (integrado en CATIA V5).

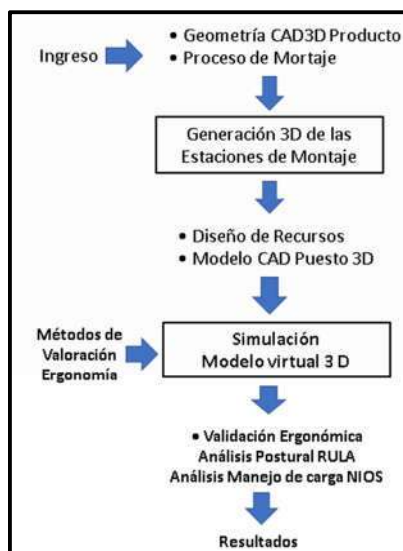


Fig. 5 (fuente Delmia Human Dassault Systemes)

5. CONCLUSIONES

La simulación es una herramienta que muestra su potencia. En general trabajar con sistemas virtuales en lugar de con los prototipos tiene sus ventajas y desventajas.

Utilizar modelos virtuales facilita la localización de errores geométricos, pero posee la desventaja de no poder recibir las percepciones sensoriales.

Las principales limitaciones vienen dadas por la experiencia y habilidad de las personas que manejan las herramientas e interpretan los resultados.

Usuarios expertos, especialmente de los sectores de automoción y aeronáutica necesitan en general modificar las herramientas originales, para adaptarlas a sus necesidades.

Se debe considerar que, no obstante, el uso de los modelos virtuales DHM permite mejorar los análisis y obtener resultados que mejoren el uso posterior de parte de los trabajadores.

Actualmente se siguen potenciando las técnicas de realidad virtual (guantes, cascos de visión con captura de movimiento, pantalla con gafas estroboscópicas) que permiten un desarrollo de nuevos procesos y productos con mayor precisión y fiabilidad en los resultados.

Estas herramientas que tienen aspectos limitantes como son los costos iniciales del acceso a la misma, además otro factor es la desconfianza de los industriales en el desempeño y funcionalidad de este tipo de aplicaciones.

Por otra parte, el uso de estas herramientas requiere de una inversión importante, así como contar con técnicos que no solo dominen la herramienta, sino que también tenga formación en ergonomía.

Además, es evidente que junto con el conocimiento y destreza adecuada en el manejo de las herramientas, es necesario un conocimiento en ergonomía y factores humanos.

La utilización de un DHM permite reproducir las condiciones iniciales y generar las propuestas en un entorno fácilmente reconocible y evaluable por todos los componentes de los equipos de trabajo en producto y proceso (no solamente para los técnicos).

6. REFERENCIAS

- [1] Sánchez Lite A. (2008). *Diseño Ergonómico de puestos de trabajo mediante simulación 3D: Perspectiva y Aplicación práctica*. VI Congreso Internacional de prevención de riesgos Laborales. Recuperado de <https://www.prevencionintegral.com/canal-orp/papers/orp-2008/disenio-ergonomico-puestos-trabajo-mediante-simulacion-3d-perspectiva-aplicacion-practica>
- [2] Fernández Ordóñez R, Manzanedo del Campo M, Alonso Manzanedo M (2012) *Mejorando las Condiciones de Trabajo. Una aplicación de la simulación ergonómica virtual a un puesto de trabajo real*. 6th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management XVI Congreso de Ingeniería de Organización. Vigo, July 18-20, 2012
- [3] Kanawaty G. (1996) Libro, *Introducción al estudio del Trabajo*. Copyright © Organización Internacional del Trabajo.
- [4] García Criollo R. (2005) Libro. *Estudio del Trabajo*. Editorial: MCGRAW HILL. Edición: 2, 2005.
- [5] Jack & Process Simulate Human. Fuente <https://www.plm.automation.siemens.com>
- [6] Delmia Human Catia V5 DMU. Fuente [https://org-www.3ds.com/products-services/delmia/products/v5/portfolio/domain/Factory Definition Simulation/product/MHB/](https://org-www.3ds.com/products-services/delmia/products/v5/portfolio/domain/Factory%20Definition%20Simulation/product/MHB/)
- [7] Sánchez Lite A., García M, Martínez F., Zabaleta J., Rabanal P., Gallo C. (2011). *Ergonomía y herramientas de simulación 3D para el diseño de productos y procesos Productivos*. XV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos Huesca.

Análisis de la Gestión del Proceso de Desarrollo de Productos en Empresas Lácteas

Rossetti, Germán; De Greef, Melisa; Arcusin, Leticia; Ferreira, Daniela

*Facultad de Ingeniería Química - Universidad Nacional del Litoral
Santiago del Estero 2829, 4º piso, (3000) Santa Fe, Argentina. e-mail: groseti@fiq.unl.edu.ar*

RESUMEN

El desarrollo y lanzamiento de nuevos productos es considerado un procedimiento cada vez más importante para la competitividad de las empresas. En el caso de las industrias productoras de alimentos, este proceso toma especial relevancia, debido principalmente al aumento de productos ofrecidos en el mercado. Por lo tanto, es indispensable que las empresas del sector posean una estructuración de la Gestión del Proceso de Desarrollo de Productos, lo que incluye la incorporación de herramientas, conceptos y mejores prácticas, que les permita aumentar su eficacia en orden de garantizar su permanencia en el mercado.

El presente trabajo presenta un análisis de la Gestión del PDP en empresas lácteas radicadas en la provincia de Santa Fe (Argentina). Entre las principales conclusiones del trabajo se evidencia que: (i) disponen de un modelo de Gestión de PDP definido, (ii) registran, con diferentes grados de formalidad, las tareas relacionadas con el PDP y (iii) los conocimientos del PDP se encuentran internalizados para su aplicación sistemática.

Palabras Claves: Gestión, Desarrollo, Producto, Lácteas.

ABSTRACT

The development and release of new products is considered an increasingly important process for the competitiveness of companies. In the case of the food producing industries, this process takes special relevance, mainly due to the increase of products offered in the market. Therefore, it is essential that the companies in the sector have a structure of the Management of the Product Development Process, which includes the incorporation of tools, concepts and best practices that allow them to increase their efficiency in order to assure their permanence in the market.

This paper presents an analysis of PDP Management in dairy companies located in the province of Santa Fe (Argentina). Among the main conclusions of the study it is evident that: (i) they have a defined PDP Management model, (ii) they register, with different degrees of formality, the tasks related to the PDP (iii) The knowledge of the PDP is internalized for its systematic application.

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de desarrollo de productos (en adelante, PDP) es la tarea sistemática que tiene como propósito generar nuevos productos, ya sea introduciendo modificaciones en un producto existente o generando otro completamente nuevo y original [1]. En el caso de las industrias productoras de alimentos, el PDP reviste una importancia crucial, debido a que el escenario donde se desarrollan las empresas del sector se caracteriza por altos niveles de competitividad y una evolución en diversas perspectivas: seguridad alimentaria, sustentabilidad, embalaje, entre otras [2]. Gestionar adecuadamente el proceso implica que las empresas apliquen métodos y herramientas específicas, lo que les permite aumentar su eficacia y también sus beneficios.

La calidad del producto en el sector de alimentos es uno de los criterios prioritarios para analizar el rendimiento del mismo en el mercado consumidor, y es una variable que incide directamente en el proceso de diseño y producción del mismo. El tiempo de desarrollo es otro aspecto fundamental, dado que debe acompañar los cambios en los requerimientos del cliente, la incorporación de nuevas tecnologías y la introducción de productos innovadores en períodos cada vez más cortos. Finalmente, la productividad del proceso de desarrollo es un factor decisivo, es decir, el desarrollo de un nuevo producto conlleva a buscar el mejor desempeño de los recursos (materiales, humanos y económicos) con que cuenta la empresa. Uno de los mayores desafíos del PDP es gestionar la mejor combinación de estos tres factores para obtener un proceso eficiente.

El objetivo del presente trabajo es analizar la Gestión del Proceso de Desarrollo de Productos en empresas lácteas de la Provincia de Santa Fe. Para ello, se describen las prácticas habituales de las empresas analizadas y se procede a compararlas con las actividades propuestas por el Modelo de Referencia para la industria de alimentos desarrollado por Penso [3].

La investigación se enmarca en un Proyecto orientado a proponer un Modelo de Gestión del PDP para empresas lácteas de la Provincia de Santa Fe. El trabajo presenta los resultados preliminares correspondientes a tres empresas de la Región 3 Nodo Santa Fe (San Justo, Garay, La Capital, Las Colonias, Sur de San Javier y San Jerónimo -parcialmente-), según regionalización definida por el Estado Provincial a partir del año 2008 [4].

2. METODOLOGÍA

La presente investigación es de carácter exploratorio-descriptivo, y tiene como fin principal realizar un análisis de las prácticas habituales relacionadas con la Gestión del Proceso de Desarrollo de Productos en empresas lácteas radicadas en la región definida.

Con el objeto de conocer con profundidad la forma en que las empresas efectúan la Gestión del PDP (actividades, informaciones, recursos y organización), se realiza un relevamiento a través de entrevistas semi-estructuradas y observación in situ en tres empresas, denominadas en adelante empresas A, B y C. El cuestionario aplicado se encuentra dividido en dos ejes: (i) información general de la empresa (tamaño, estructura, tipo de producto que fabrican, mercado al que abastecen) y (ii) información sobre las actividades relacionadas con la Gestión del PDP (agrupada en función de las macrofases del Modelo de Referencia: Pre-Desarrollo, Desarrollo y Post-Desarrollo). Las entrevistas fueron realizadas a personal vinculado al desarrollo de productos o a la gerencia de la empresa.

3. MARCO TEÓRICO

El desarrollo de productos es un proceso complejo, mediante el cual una organización transforma oportunidades de mercado y las posibilidades técnicas en informaciones para la fabricación de un producto comercial [5]. Por lo tanto, la actividad de desarrollo de productos requiere de investigación, planificación, control y uso de métodos sistemáticos. El PDP involucra todas las áreas de la organización y genera una variada cantidad de información. Está compuesto por etapas interdependientes que abarcan desde la identificación de las necesidades de los consumidores hasta el lanzamiento y seguimiento del producto en el mercado [6]. Cabe aclarar, siguiendo a Penso [3], que se entiende por desarrollo de productos tanto a la elaboración de nuevos productos como a la modificación o relanzamiento de productos existentes.

En la literatura existen diferentes propuestas de sistematización de las actividades de desarrollo de productos en modelos de PDP, dependiendo del área de conocimiento de la cual provienen los autores que tratan el tema. Sin embargo, en muchos casos las diferencias entre esas propuestas son más terminológicas que conceptuales [7].

Rozenfeld et al. [6] presenta la contribución más completa del PDP, separando el proceso en tres macrofases: pre-desarrollo, desarrollo y post-desarrollo. Los autores proporcionan un modelo referencial que resulta adaptable a diversos sectores empresariales y situaciones particulares.

En relación al sector alimenticio, algunos modelos de desarrollo que se destacan son: Graf et al. [8], Fuller [9], Galizzi et al. [10], Earle [11] y finalmente el modelo de Penso [3]. Estos autores establecen secuencias de fases estructuradas que facilitan la comprensión y la realización del desarrollo de productos en la industria de alimentos.

El modelo de referencia desarrollado por Penso [3], que se basa en la metodología propuesta por Rozenfeld, busca realizar mejoras en relación a los modelos hasta entonces publicados, para

poder adaptarlos al sector de alimentos. La autora realizó la sistematización del PDP, proporcionando un enfoque a las particularidades del desarrollo de productos alimenticios, facilitando la integración entre los miembros del equipo de proyectos. Se encuentra estructurado en tres macrofases: pre-desarrollo, desarrollo y post-desarrollo. Las macrofases y fases propuestas por Penso [3] resultan similares a las de Rozenfeld, diferenciándose de éste por adicionar al modelo algunas actividades específicas del área de alimentos en la macrofase de desarrollo, las cuales se resumen en: (i) diseño conceptual: definición de la formulación del producto, procesos de fabricación, embalajes, parámetros a ser respetados y plazos de validación; (ii) diseño detallado: elaboración del diseño de producto y embalaje, mayor especificación del proceso productivo, del embalaje, de stock y distribución, realización de la revisión del manual BFM (Buenas Prácticas de Manufactura), capacitación del personal y elaboración de los manuales de calidad, como APPCC (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control); (iii) preparación de la producción: producción del lote piloto y realización de análisis físico-químicos, microbiológicos, sensoriales y test de estabilidad del producto. Además, el modelo resalta la importancia de los puntos de control (Gates), como sistemas de decisiones que permiten que los proyectos de productos sean evaluados durante el proceso sobre diferentes aspectos (viabilidad financiera, económica y técnica, análisis de riesgos, entre otros). La Figura 1 presenta el Modelo Referencial propuesto por Penso [3].

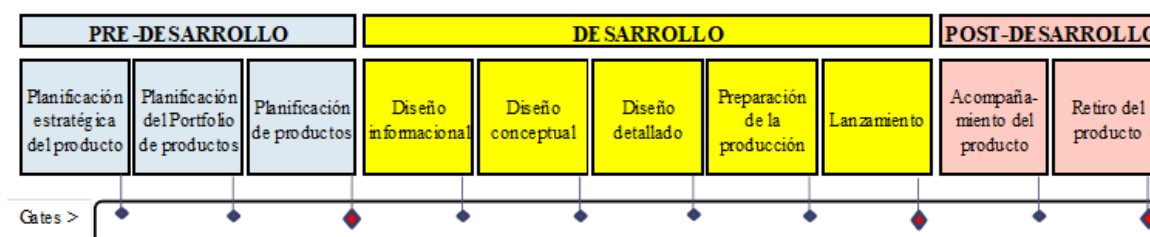


Figura 1. Modelo de Referencia para la Gestión del Proceso de Desarrollo de Productos.

Fuente: Penso [3].

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización de las empresas

Las empresas analizadas están localizadas en la Región 3 Nodo Santa Fe (San Justo, Garay, La Capital, Las Colonias, Sur de San Javier y San Jerónimo -parcialmente-), según regionalización definida por el Estado Provincial a partir del año 2008. En relación al tamaño de las organizaciones, la Secretaría de Emprendedores y de la Pequeña y Mediana Empresa de la República Argentina, mediante la Resolución 11/2016 [12], establece la clasificación de Micro, Pequeña y Mediana, y Gran empresa, en función a las ventas totales anuales expresadas en pesos. Las empresas bajo estudio se clasifican entonces como Grandes Empresas (ventas totales anuales mayores a \$540.000.000).

Las tres organizaciones ofrecen diferentes líneas de productos, que pueden agruparse en Leches (Tradicionales, Fortificadas, UAT -Ultra Alta Temperatura-), Quesos (Duros, Semiduros, Blandos, Especiales, Bajas calorías, Untables), Dulce de leche (Tradicional, Repostero, Light), Yogures (Tradicionales, Saborizados, Bajas calorías), Leche en polvo, entre otros (Ricota, Crema de leche, Manteca, Arroz con leche). La empresa A cuenta con 207 productos, la empresa B con 59 y la empresa C con 160, que se ofrecen en diferentes presentaciones. Las actividades de comercialización de las tres empresas cubren el territorio nacional y numerosos países de los cinco continentes.

4.2. Caracterización del PDP de las empresas estudiadas

Las empresas entrevistadas, en concordancia con los autores citados, conciben como desarrollo de productos tanto al lanzamiento de nuevos productos como al relanzamiento o modificación de productos existentes; y manifiestan contar con mecanismos estructurados para la gestión del PDP. La empresa A cuenta con un Departamento de Desarrollo, que tiene la misma jerarquía que los Departamentos "Marketing", "Compras" y "Producción y Procesos". La gestión del PDP se encuentra sistematizada; no obstante se reconoce que es un proceso dinámico, ya que contiene re-ciclos según se validen o no ciertos aspectos.

En la empresa B la función de desarrollo está contenida en el Departamento de I+D, que depende del Departamento de Calidad. La gestión del PDP se estructura en una serie de actividades secuenciadas, donde las distintas etapas y las áreas involucradas dependen del tipo de producto a desarrollar, segmento al cual pertenece, magnitud del proyecto, estrategias comerciales, mercados a los cuales va dirigido, entre otros aspectos.

En la empresa C la gestión del PDP se encuentra completamente sistematizada, y posee un amplio grado de detalle en cuanto a actividades, responsabilidades y documentación involucrada, lo que evidencia que el proceso se encuentra instalado en la organización.

En la Tabla 1 se realiza una comparación entre el Modelo de Penso [3] y las prácticas del PDP llevadas a cabo por cada una de las empresas analizadas.

Tabla 1. Comparación entre el Modelo de Penso [3] y las empresas analizadas.
Fuente: elaboración propia.

Modelo de Penso			Empresas		
Macro fases	Fases	Actividades	A	B	C
Pre-Desarrollo	Planificación Estratégica del PDP	Recabar información para la alineación estratégica	✓	✓	✓
		Alineación estratégica	✓	✓	✓
		Elaborar el plan de Planificación Estratégica del PDP			✓
		Definir criterios de evaluación del PDP			✓
		Registrar lecciones aprendidas			✓
	Planificación del Portolio de Productos	Actualizar el Portolio de Productos		✓	✓
		Planificar proyectos del Portolio de Productos			✓
		Registrar lecciones aprendidas			✓
	Planificación de Productos	Definir directrices para la planificación del Producto			✓
		Identificar las oportunidades	✓	✓	✓
		Seleccionar oportunidad del nuevo producto	✓	✓	✓
		Recabar información para especificación de oportunidad	✓	✓	✓
		Elaborar la especificación de la oportunidad			✓
		Elaborar Plan de Diseño del producto	✓	✓	✓
		Registrar lecciones aprendidas			✓
Desarrollo	Diseño Informacional	Elaborar Plan de Diseño Informacional			✓
		Recabar informaciones para el Diseño del producto	✓	✓	✓
		Detallar ciclo de vida del producto			✓
		Despliegue de la Función de Calidad	✓	✓	✓
		Recabar información para especificación del Diseño			✓
		Registrar lecciones aprendidas			✓
	Diseño Conceptual	Elaborar Plan de Diseño Conceptual			✓
		Generar ideas para la estructura básica del producto	✓	✓	✓
		Desarrollar alternativas de concepción del producto			✓
		Evaluar alternativas de concepción del producto	✓	✓	✓
		Realizar análisis de costos de producción del producto	✓	✓	✓
		Seleccionar y elaborar el informe del prototipo			✓
		Seleccionar proveedores	✓	✓	✓
		Registrar lecciones aprendidas			✓
	Diseño Detallado	Elaborar Plan de Diseño Detallado			✓
		Detallar el producto	✓	✓	✓
		Diseñar embalaje	✓	✓	✓
		Elaborar el plan de Calidad para proveedores	✓		✓
		Diseñar el proceso de fabricación/embalaje/almacenamiento/distribución	✓	✓	✓
		Planificar la producción del lote piloto	✓		✓
		Elaborar plan de retiro del producto			
		Elaborar proyecto detallado de producto y de proceso			✓
		Registrar lecciones aprendidas			✓

Tabla 2. Comparación entre el Modelo de Penso [3] y las empresas analizadas (continuación).

Modelo de Penso			Empresas		
Macro fases	Fases	Actividades	A	B	C
Desarrollo	Preparación de la producción	Producir lote piloto	✓	✓	✓
		Analizar muestra del lote piloto	✓	✓	✓
		Homologar producto y proceso	✓		✓
		Registrar producto y proceso			✓
		Comenzar la producción	✓	✓	✓
		Registrar clientes (puntos de ventas) del producto			✓
		Registrar lecciones aprendidas	✓		✓
	Lanzamiento	Detallar procedimientos de Servicios de Atención al Consumidor			
		Preparar material publicitario			
		Implementar estrategias de lanzamiento del producto	✓	✓	✓
		Registrar lecciones aprendidas			✓
Post-Desarrollo	Acompañamiento del producto	Realizar auditoría post-proyecto	✓		✓
		Evaluar satisfacción de los clientes	✓	✓	
		Monitorear el desempeño del producto	✓		✓
		Planificar modificaciones para mejoras	✓		
		Registrar lecciones aprendidas			
	Retiro del producto	Implementar plan de retiro del producto del mercado			
		Evaluar resultado económico-financiero	✓		✓
		Registrar lecciones aprendidas			

4.2.1 Macrofase Pre-Desarrollo:

En relación a las fases que componen esta macrofase, se evidencia que sólo la empresa C realiza todas las actividades propuestas por el Modelo; mientras que A y B se focalizan en vincular sus estrategias genéricas con las oportunidades detectadas para el desarrollo de productos.

Las tres empresas analizadas reconocen la importancia de alinear la planificación del PDP con la planificación estratégica de la empresa. Por ello, la mayoría de las veces, los lanzamientos o re-lanzamientos de productos se corresponden con decisiones estratégicas relacionadas, por ejemplo, a posicionar productos, ampliar mercados, proteger posiciones de liderazgo, entre otras. Cabe mencionar que, con mayor frecuencia, el PDP se dirige a la mejora de productos existentes y no a la generación de nuevos productos, dado que los entrevistados caracterizan a la industria láctea argentina como un sector maduro y tradicional.

Las ideas de nuevos productos surgen de diversas fuentes, que en general son comunes a las tres empresas: investigaciones de mercado, integrantes de la empresa (personal de producción y mandos medios), distribuidores y puntos de ventas, competencia y análisis de la cartera de productos de la empresa. Cabe destacar que A y B contratan el servicio de Investigación de Mercado a Consultoras especializadas, mientras que C realiza internamente esta actividad, dado que considera primordial tratar la información que surge de este tipo de estudios en forma confidencial.

En esta macrofase, resultan fundamentales los procesos de toma de decisiones, y en este sentido, todas las empresas tienen mecanismos estructurados de comunicación de la información y de instancias de aprobación (hitos o “gates”).

Los potenciales desarrollos son guiados, en A y C, por el Departamento de Marketing, y en B por el Departamento I+D, que son los encargados de monitorear el avance de PDP, conformando equipos de trabajo y designando su líder de acuerdo a las características de cada proyecto, facilitando información pertinente, coordinando reuniones periódicas y efectuando un adecuado seguimiento. Los datos evaluados, en general se centran en los costos de fabricación y las necesidades de los consumidores. El tiempo de un desarrollo, si bien no es mencionado como un elemento a tener en cuenta a la hora de la toma de decisiones, es considerado de manera implícita, como así también la factibilidad de fabricación, la tecnología y los equipos necesarios.

4.2.2 Macrofase Desarrollo:

En relación a esta macrofase, el equipo que guía el PDP delega las actividades en el área encargada del desarrollo, que según la empresa recibe diferentes denominaciones (Departamento de Desarrollo, Departamento de I+D y Departamento de Calidad).

Existen diferencias entre las empresas en función de las actividades realizadas en el Desarrollo, no sólo en lo que respecta a la cantidad de tareas sino también a la profundidad de las mismas. Así, por ejemplo, en la empresa B el proceso se orienta a lograr muestras piloto satisfactorias por medio de “prueba y error”. La empresa A, por el contrario, evidencia un mayor grado de detalle en tareas vinculadas con el diseño informacional (análisis del ciclo de vida, calidad), diseño conceptual (estructura básica del producto, análisis de costos de producción) y diseño detallado (planificación de lote piloto, plan de calidad para proveedores), haciendo hincapié en el registro de los resultados obtenidos. Finalmente, en la empresa C se observa un minucioso detalle del proceso en lo que respecta a las tareas a realizar, formas de documentarlas, responsables de aprobación, tiempos y alcances. Por ejemplo, para que la idea del nuevo desarrollo se materialice existen múltiples documentos en los que se registra información pertinente, entre los que puede mencionarse la “Ficha de Aprobación”, que incluye datos inherentes a cantidad de lotes piloto a producir, control de puntos críticos, gestión de riesgos, información de rótulos, etc., y requiere la aprobación de los departamentos de Marketing, Calidad, Desarrollo y de las gerencias.

Considerando el sector al cual pertenecen las empresas analizadas, resulta imprescindible la realización de diferentes análisis vinculados al aseguramiento de la inocuidad de los alimentos. En este sentido, las tres empresas ponen de relieve en esta macrofase la ejecución de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos y de Determinación de Vida Útil mediante métodos específicos y detallados que permiten garantizar la calidad de los productos, como así también de Análisis Sensoriales con el objeto de lograr la aceptación del consumidor (sensibilidad, apariencia, color, sabor, textura, dimensiones, usos, etc.). La cantidad de pruebas, y su naturaleza, depende del tipo de producto a desarrollar y del grado de novedad que representa para la empresa (un nuevo sabor de un yogur requiere menor desarrollo que una nueva variedad de queso, por ejemplo).

Una de las actividades clave de esta macrofase es la documentación de la información obtenida, las decisiones tomadas y las lecciones aprendidas. Las empresas reconocen la importancia de los registros, pero existen diferencias sustanciales en su aplicación. En la empresa C la documentación es un hábito, y no es posible avanzar en el desarrollo de un proyecto si no se presentan los siguientes informes: “Ficha de Especificaciones del Producto”, “Ficha de Aprobación”, “Ficha Documental”, “Ficha de Proceso y Formulación”, “Ficha de datos autorizados” y “Ficha de Proveedores”. La empresa A cuenta con una Ficha de Producto, donde se registran de forma unificada todas las especificaciones de cada proyecto de desarrollo (incluyendo errores y aciertos), resulte o no en un lanzamiento efectivo de producto. Finalmente, la empresa B documenta cada proyecto únicamente cuando ha cumplido un análisis productivo y económico positivo, donde se analiza si el proyecto se adapta a las condiciones productivas, comerciales y estratégicas de la empresa; esto implica la pérdida de información que podría resultar valiosa para futuros desarrollos.

En la última fase del Desarrollo, las tres empresas se enfocan en la definición de estrategias comerciales para el lanzamiento del producto, en relación al precio, canales de distribución y promoción.

4.2.3 Macrofase Post-Desarrollo:

En cuanto a la macrofase de Post-Desarrollo, las tres empresas manifestaron realizar el seguimiento de los productos en el mercado, comparando las proyecciones elaboradas con los resultados obtenidos, y, en base a esta información, la gerencia toma la decisión de la continuidad o del retiro del producto. Para el acompañamiento del producto, ninguna empresa cuenta con equipos formalmente constituidos, sino que es una actividad que recae sobre el Departamento de Marketing, debido a su contacto con los clientes. Por último, cabe mencionar que ninguna de las empresas analizadas elabora un plan de retiro de productos, sino que la decisión se toma en función del grado de aceptación de los mismos en el mercado.

Considerando el sector analizado, las tres empresas manifestaron la importancia de aplicar la Trazabilidad en sus productos, para poder realizar un adecuado seguimiento de los mismos y proceder a retirar un determinado lote en caso de un eventual incidente.

5. CONCLUSIONES

En función al objetivo planteado y a partir del análisis realizado en las empresas se evidencia que las mismas: (i) disponen de un modelo de Gestión de PDP definido, (ii) registran formalmente, en diferentes grados de profundidad, dicho proceso y (iii) los conocimientos y las herramientas del PDP se encuentran internalizados para su aplicación sistemática.

Se observa, además, que las empresas cumplen sólo con algunas de las fases del modelo tomado como referencia.

En relación al Pre-Desarrollo, las empresas se focalizan en actualizar su portfolio en función de las decisiones estratégicas adoptadas y del mercado en el que se insertan, lo que les permite identificar las oportunidades del contexto, seleccionar nuevos productos y definir directrices para su planificación. Sin embargo, no se evidencia una adecuada sistematización y registro de las decisiones de estas fases ni de lecciones aprendidas.

Las fases que componen la macrofase de Desarrollo son las más consolidadas en las tres empresas, lo que se vincula con la naturaleza del sector en el que se insertan, que se caracteriza por las exigencias de inocuidad de los alimentos y la calidad demandada por los consumidores. Cabe destacar que la fase de Lanzamiento se centra en la implementación de estrategias comerciales, y, si bien las empresas cuentan con algún mecanismo de atención al consumidor, no se evidencian procedimientos formales para la utilización de la información obtenida que retroalimente el PDP.

Finalmente, la macrofase de Post-Desarrollo demuestra ser la de menor sistematización en las tres organizaciones. En este sentido, se realiza una serie de actividades sin una planificación adecuada, lo que lleva a que el desempeño del producto dependa en gran medida de las condiciones del mercado y de la percepción de los encargados del Departamento de Marketing.

La utilización de un modelo referencial para el PDP auxilia, organiza y direcciona el desarrollo de nuevos productos, favoreciendo innovaciones, así como también el éxito del producto en el mercado. El Modelo de Penso resultó de utilidad para analizar las empresas estudiadas, dado que presenta un nivel adecuado de detalle que permite la comparación del PDP. En relación a la propuesta de la autora, las empresas analizadas, si bien cuentan con modelos sistematizados de gestión del PDP, podrían fortalecer las macrofases de Pre-Desarrollo y Post-Desarrollo, especialmente en lo inherente a la sistematización de las actividades vinculadas a aspectos estratégicos del negocio y la planificación de actividades de Lanzamiento y Retiro del producto, como también al registro de lecciones aprendidas a lo largo de todo el PDP.

6. REFERENCIAS

- [1] Lerma Kirchner, A. (2010). *Desarrollo de nuevos productos, una visión integral*. Cuarta edición, Cengage Learning, Querétaro, México.
- [2] Abu, N.; Deros, B.; Wahab, D.; Rahman, N. and Mansor, M., (2012). "The pre-development process implementation of product innovation: A Malaysian food and beverage manufacturing SMEs survey". *International Journal of Business and Management Science*. Vol. 5, issue 1, 39-49. University of Queensland, Australia.
- [3] Penso C.C., (2003). "Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Produtos na Indústria de Alimentos" (Dissertação de Mestrado), Florianópolis, Ed. UFSC.
- [4] Sec. de Reg., Municipios y Comunas, Prov. de Sta Fe, 2008. Proyecto de transformación del territorio. Disp. www.santafe.gov.ar/index.php/rmyc/content/view/full/164500.
- [5] Clark, K. ; Fugimoto, T. (1991). *Product Development Performance: Strategy, Organization and Management in the World Auto Industry*. Harvard Business School Press. Boston.
- [6] Rozenfeld, H., Forcellini, F.A., Amaral, D.C., Toledo, J.C., Silva, S.L., Alliprandini, D.H., Scalice, R.K. (2006). *Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria de processo*, Ed. Saraiva. São Paulo.
- [7] Alebrant Mendes, A.; Siqueira Souza, F; Da Luz Seben, L; Flores Magnano, P. (2009). "Análise crítica do Processo de Desenvolvimento de Produtos de uma empresa do segmento de Confeitos". *XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP): A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão*. Salvador de Bahía, Brasil.
- [8] Graf, E. y Saguy, I. (1991). *Food Product Development: from Concept to the Marketplace*. Avi. New York.
- [9] Fuller, G. W. (1994). *New food product development: from concept to marketplace*. CRC Press. Florida.
- [10] Galizzi, G. y Venturini, L. (1996). "Product innovation in the food industry: nature, characteristics and Determinants". In: Galizzi, G.; Venturini, L. *Economics of innovation: the case of food industry*. Heidelberg: Physica-Verlag.
- [11] Earle, M. D. (1997). "Changes in the food product development process". *Trends in Food Science & Technology*. Vol. 8, pp. 19-24. Cambridge
- [12] Sec. de Emprendedores y de la PyME de la Rep. Arg., Res. 11/2016. Disponible en: http://www.ieralpyme.org/images_db/imgslmg/File/noticias/NUEVA%20CLASIFICACION%202016.pdf

Agradecimientos

Los autores agradecen la contribución económica de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, a través del Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (PICT 2015-Nº1629) y de la Universidad Nacional del Litoral (CAI+D 2016 PI 50120150100216LI).

El paradigma de la eco-innovación en el contexto de las industrias de bajo y medio contenido tecnológico

Herrería, Elisabeth Ruth*; Jäger, Mariano Daniel

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de La Matanza. Tecnológicas.

Florencio Varela 1903, San Justo, Buenos Aires, B1754JEC

eherreria@unlam.edu.ar

mjager@unlam.com.ar

RESUMEN.

La eco-innovación representa un área de creciente interés académico y de investigación aplicada que permite distinguir aquellas innovaciones en productos, procesos y métodos organizacionales que evitan o reducen los daños o presiones ambientales de los procesos de producción industrial. Por lo tanto el estudio de la dinámica del comportamiento eco-innovador a nivel de firma se presenta como una problemática de investigación que desplaza el tradicional foco de la innovación en el progreso técnico hacia un entendimiento de los procesos y dinámicas innovadores que internalizan los efectos de las externalidades negativas.

Asimismo, no se evidencian a nivel local programas o líneas de investigación teóricas o empíricas que aborden la temática de los determinantes de eco-innovación de productos, procesos y organizacionales a nivel de firma en el sector industrial, y según contenido tecnológico.

De igual forma, no se registran antecedentes de abordar los factores de demanda, de oferta y de regulación ambiental según el contenido tecnológico al que pertenecen los establecimientos industriales locales para identificar cómo esos factores dificultan y/o favorecen la implementación de estrategias de innovación ambiental. Por lo tanto, se desconoce localmente cómo difieren estas estrategias según el contenido tecnológico y cuáles resultan ser las implicancias para el desarrollo ambientalmente sustentable de la base industrial local.

El presente trabajo tiene como objetivo central una revisión conceptual de los principales supuestos teóricos y metodológicos del paradigma de la eco-innovación en el sector industrial y sus implicancias para la medición empírica a nivel de firma en un contexto local. Asimismo, este trabajo se basa en los avances realizados de un proyecto en curso cuyo objetivo consiste en identificar factores asociados a la regulación ambiental, a la oferta, a las expectativas de demanda y a otros factores característicos de las unidades productivas que determinan prácticas de innovación ambiental en industrias de bajo y medio contenido tecnológico localizadas en el Partido de La Matanza.

Palabras Clave: eco-innovación, bajo y medio contenido tecnológico, regulación ambiental, factores de oferta y demanda.

ABSTRACT

Eco-innovation represents an area of growing academic interest and applied research that distinguishes innovations in products, processes and organizational methods that avoid or reduce the environmental damage or pressures generated by industrial processes.

Therefore, the study of the dynamics of eco-innovative behaviour at the firm level is presented as a research problem that shifts the traditional focus of innovation into technical progress towards an understanding of innovative processes and dynamics that internalize the effects of negative externalities.

In the same way, there are no theoretical or empirical programmes or research projects at the local level that address the determinants of eco-innovation of products, processes and organizational methods at firm level in the local industrial sector, according to the level of their technological intensity.

Similarly, there are no comprehensive studies at the local level that address environmental regulations and supply-side and demand-side factors according to the technological content of industrial facilities, in order to identify how these factors hinder and / or favour the implementation of environmental innovation strategies. Therefore, it is not known locally how these strategies differ according to the technological intensity level and the implications for the environmentally sustainable development of the local industrial base.

The main objective of this paper is a conceptual review of the main theoretical and methodological assumptions of the paradigm of eco-innovation in the industrial sector and its implications for empirical measurement at firm level in a local context. This article is also based on an ongoing research project whose objective is to identify factors associated with environmental regulations, supply-side factors, demand-side expectations and other internal factors that influence environmental innovation practices in low and medium technology industries located in the local council of La Matanza.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se inserta en un área de conocimiento tanto teórico como aplicado que se presenta emergente en el contexto de las relaciones entre política ambiental y crecimiento económico ambientalmente sostenible, especialmente en las economías emergentes.

Por un lado, el marco conceptual más general de la teoría de la innovación establece que las capacidades tecnológicas ejercen un rol prominente en la generación de innovación. Es así que Pavitt [1], propone una taxonomía de sectores industriales en base al análisis de sus trayectorias de desarrollo tecnológico en el marco de los procesos de difusión de las innovaciones y de los factores de demanda que motivan la innovación.

Por otro lado, se presenta una línea conceptual que basándose en los aportes de la denominada hipótesis de Porter [2] sostiene que las políticas ambientales se constituyen en factores que impulsan la innovación ambiental. Consecuentemente, desde esta perspectiva se interpreta que los factores de regulación ambiental conducen al mismo tiempo a un proceso de reducción de los impactos y riesgos ambientales originados en los procesos industriales, y a un aumento de las utilidades.

Dado el grado de discrepancia con la visión más tradicional de la innovación de la escuela neo-clásica, la teoría de la innovación ambiental adquiere relevancia como marco conceptual para indagar las relaciones entre los factores de demanda y de oferta y de regulación ambiental, contribuyendo a una nueva agenda basada en el paradigma de la eco-innovación, con especial interés en aquellas industrias que se caracterizan por pertenecer a sectores de bajo y medio contenido tecnológico. De este modo, las contribuciones de la economía ecológica con su visión co-evolutiva de interdependencia entre el sistema natural y el sistema socioeconómico adquieren relevancia conceptual para escrutar los procesos que conducen a las firmas a introducir innovaciones ambientales [3 y 4].

1. PUNTOS DE PARTIDA Y TRADICIONES TEÓRICAS SUBYACENTES EN EL PARADIGMA DE LA ECO-INNOVACIÓN.

Para comprender las bases conceptuales de la eco-innovación, resulta pertinente contextualizar el recorrido que se gesta alrededor del debate acerca de las oportunidades que genera la implementación de innovaciones ambientales en el sector industrial en términos de ahorro de costos y de competitividad. En pleno auge del discurso neo-liberal que dominó la arena de las discusiones sobre política económica ambiental, Porter & van del Linde [2] emprenden el trabajo de desmitificar la concepción ortodoxa que percibe a las regulaciones ambientales como obstáculos para la competitividad a nivel de firma. Para este propósito, Porter & van der Linde [2] demuestran que la visión estática tradicional que se asume en torno a la tecnología, a los productos, a los procesos y a las necesidades de los clientes impiden examinar el rol de las regulaciones ambientales desde una visión dinámica de la competitividad de las firmas. Basándose en el análisis de distintos casos del sector industrial de E.E.U.U., Porter & van der Linde [2] encuentran evidencia empírica para validar lo que actualmente se conoce como la hipótesis de Porter, la cual postula que más que inhibir la competitividad de las firmas, las regulaciones ambientales generan oportunidades para realizar innovaciones que ahorren recursos materiales y energéticos.

Asimismo, puede interpretarse que la hipótesis de Porter [2] dio origen a un vasto campo de estudio en donde se disputa el supuesto que las actividades de innovación no implican necesariamente desarrollos de métodos de optimización de recursos según lo señala Horbach [3]. Desde esta perspectiva, el entendimiento de los procesos de las actividades de innovación ambiental se basa en los postulados de la teoría evolucionista de la innovación. En este enfoque teórico, se trata de elucidar los procesos de aprendizaje, las motivaciones, los factores facilitadores e inhibitorios, como asimismo las trayectorias organizacionales que asumen los desarrollos de las prácticas de innovación orientadas a las mejoras ambientales, y a las decisiones de inversión en eco-innovación.

Por lo tanto, hay un distanciamiento en relación al rol negativo que juega la regulación ambiental en la visión neo-clásica de la economía ambiental. Por el contrario, puede argumentarse que las políticas de regulación ambiental estimulan la capacidad de innovación de las firmas, y consecuentemente no se constituyen en factores que incrementan costos. Tal como señala Rennings [4], la visión neo-clásica de la economía ambiental deja poco lugar para comprender los factores que determinan e influyen las decisiones de innovación a nivel de firma. De esta manera, se considera que los aportes de la economía neo-clásica ambiental a la temática de la eco-innovación se presentan limitados, debido a su concepción simplista de los modelos de regulación basados en respuestas mecanicistas a los estímulos.

Por otra parte, cabe indicar que Rennings [4] fue el primero en resaltar la necesidad de redefinir los alcances teóricos y metodológicos de la innovación en relación a los desafíos de la temática del paradigma del desarrollo sustentable, quien funda las bases argumentales para la

conceptualización de la innovación ambiental. Es así que Rennings [4] reclama un pluralismo metodológico en la agenda de investigación sobre la eco-innovación, encontrando en la integración de ciertos méritos del enfoque neoclásico con la perspectiva co-evolucionaria del cambio tecnológico un atractivo campo de indagación sobre la complejidad de factores que influyen en las decisiones de innovación y en el rol específico de las regulaciones ambientales. A partir del citado artículo de Rennings [4], se desarrollaron los pioneros trabajos en el sector industrial de las economías avanzadas. Es así que los resultados de los estudios empíricos de Brunnermeier & Cohen [5], Rehfeld et al. [6], Frondel et al. [7] y Horbach [4] destacan la interrelación de varios factores de oferta, de demanda y de regulación ambiental como determinantes de la implementación de prácticas eco-innovadoras en industrias de economías avanzadas.

No obstante, conviene señalar que Del Río González [8] expresa que los estudios del cambio ambiental tecnológico han sido llevado a cabo en el contexto de estas economías, siendo muy exiguo los estudios de este proceso en los países en desarrollo como en los denominados menos desarrollados, probablemente por la no disponibilidad de datos estadísticos confiables sobre fuentes de contaminación y sectores productivos. Además, este autor indica que estos estudios parecieran ser muy relevantes en el contexto de los países en desarrollo, con altas tasas de crecimiento industrial y actividades productivas de alta intensidad energéticas. Por otra parte, Del Río González [8] subraya que el análisis acerca de si estos países están adoptando tecnologías sucias o limpias para satisfacer la creciente demanda de productos y servicios se presenta como muy relevante desde la perspectiva tecnológica del bloqueo (*block-in*), pudiendo apuntar a algunas medidas nacionales e internacionales, incluidas las transferencias, para evitar el bloqueo en tecnologías sucias.

En relación a los trabajos de Low & Yeats [9] y de Wheeler [10] sobre la llamada “hipótesis de los paraísos de la contaminación” que postula un flujo de transferencia de tecnología sucia y obsoleta desde los países desarrollados hacia el resto del mundo no desarrollado, Del Río González [8] contrapone a este argumento la evidencia empírica obtenida por Jänicke & Jacob [11] en donde se demuestra que aquellos países que generan normas ambientales rigurosas crean un mercado nacional para tecnologías amigables con el medio ambiente, siendo la base para la difusión de tecnología para grandes mercados. Por lo tanto, la difusión mundial de las mejores prácticas en materia de política ambiental se ha convertido en un importante promotor de la difusión de tecnología ambiental.

Para saldar esta controversia, Del Río González postula que la investigación empírica debe ir más allá de la evidencia anecdótica y dar respuestas más rigurosas a dos preguntas clave: ¿son las multinacionales que utilizan tecnologías más contaminantes en sus actividades en los países menos desarrollados y emplean las menos contaminantes en el país de origen? Si esto es así, se interroga si se debe a regulaciones ambientales menos exigente en los países menos desarrollados, o bien a que si los menores salarios pagados en esos países alientan la deslocalización de las actividades más contaminantes y más intensivas en mano de obra.

Al cabo, se observa en esta discusión la tradición de la teoría de la modernización del cambio social y su nueva vertiente, la teoría de la modernización ecológica, que asume al igual que su antecesora la idea de un desarrollo lineal, emplazando la creencia que el sistema capitalista puede conducirse hacia un desarrollo sustentable de su base material y energética. De ahí, la relevancia que adquieren los estudios y agendas de política económica ambiental de los procesos de innovación ambiental y desarrollo sustentable. Es en este sentido que la agenda del paradigma de la eco-innovación aparece como depositaria de la teoría de modernización ecológica, enfatizando la necesidad de una reforma medioambiental al interior del sistema capitalista a escala global, en donde el paradigma de la eco-innovación se constituye en el dispositivo teórico-metodológico para promover ese cambio social en los patrones de producción y consumo.

2. PROBLEMÁTICAS ASOCIADAS A LAS DEFICIONES CONCEPTUALES DE ECO-INNOVACIÓN Y SUS IMPLICANCIAS PARA LA AGENDA DE INVESTIGACIÓN.

Como señalan Kesidou & Demirel [12], la eco-innovación se presenta como un nuevo concepto para el cual no existe actualmente una definición estandarizada. Sin embargo, se puede indicar, que en su concepción más amplia y que a su vez genera mayor consenso, la eco-innovación en el sector industrial es definida como un nuevo o mejorado producto, proceso o método organizacional que genera beneficios ambientales en comparación con las alternativas existentes. En esa amplia definición conceptual de eco-innovación, se hace referencia a innovaciones que tienen por objetivo reducir los riesgos ambientales, los contaminantes generados como asimismo aquellos impactos negativos por la utilización de recursos materiales y energéticos, pero siempre en comparación con las alternativas existentes. Asimismo, los beneficios generados por implementar prácticas eco-innovadoras pueden ser clasificados como de baja, media y alta importancia en términos de reducción de impactos ambientales. No obstante, surge nuevamente la dificultad conceptual de definir qué implica impactos ambientales, y de ahí que se prefiera referirse a intensidad ambiental de los procesos originados en la producción de bienes industriales.

Desde esta perspectiva, la definición conceptual de eco-innovación más ampliamente aceptada hace referencia a aquellas que son nuevas para la firma, y se basa en una consideración subjetiva tal como lo señala Horbach et al. [13].

Por su parte, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) haciéndose eco de las repercusiones de los resultados de la evidencia empírica señalada en esos trabajos pioneros, incorpora en su agenda de política económica ambiental la temática de la eco-innovación en relación a la problemática de la sustentabilidad de la industria manufacturera. En su documento publicado en 2009 titulado *Sustainable Manufacturing and Eco-Innovation: Framework, Practices and Measurement - Synthesis Report* [14] reconoce la interdependencia conceptual entre sustentabilidad industrial y eco-innovación, y destaca que a nivel general la eco-innovación puede ser entendida y analizada en relación a:

- 1) el objetivo de la eco-innovación, que siguiendo las directivas del Manual de Oslo (1997) puede referir a producto, proceso, estrategias de mercado, método organizacional, estrategias de comercialización e institucional.
- 2) el mecanismo por el cual se introduce o se lleva a cabo la eco-innovación, identificando cuatro tipos: (a) modificación, (b) re-diseño, (c) alternativas, y (d) creación.
- 3) el impacto de la eco-innovación en cuanto a los efectos sobre el medio ambiente a través del ciclo de vida o en relación a un aspecto específico.

En relación a la definición aportada por la OCDE en el citado informe [14], Horbach et al. [13] critican que la misma hace solamente hincapié en los resultados, en oposición a los motivos que determinaron o condujeron a implementar prácticas eco-innovadoras. Según ellos, en esta definición de la OCDE no interesa conocer si las mejoras ambientales han sido el objetivo principal de un nuevo producto o proceso, o si surgió como un subproducto o simplemente por casualidad. En este sentido, destacan que las eco-innovaciones pueden ser el resultado de otros factores económicos como el aumento en la participación en el mercado o la reducción de costos. Es así, que para estos autores se puede suponer que muchas innovaciones tendientes a generar menos externalidades ambientales no han sido predominantemente motivadas por preocupaciones ambientales.

Sin aún saldarse el debate sobre una definición estandarizada de eco-innovación, surge la problemática de identificar eco-innovaciones de procesos radicales e incrementales a nivel de firma, temática debatida por Triguero et al. [15], advirtiendo que la eco-innovación a nivel de procesos puede comprender tanto a tecnologías de final de tubería (*end-of-pipe technologies*) como a tecnologías limpias (*green technologies*). No obstante, estos autores sugieren que se debe realizar una diferenciación entre ambas tipologías, para poder comprender mejor las implicaciones de cada una de las mismas a nivel de los procesos industriales. Por su parte, Horbach et al. [13] indican que la mayoría de los trabajos de investigación sobre eco-innovaciones se analizaron sin distinguir entre innovaciones al *final de tubería* e innovaciones que califican como de *producción más limpia*. En este sentido, estos autores añaden que mientras que las tecnologías al final de tubería sólo presentan un objetivo medioambiental para cumplimentar e incurriendo en costos adicionales, la nueva generación de tecnologías ambientales, conocidas como *producción más limpia*, representa una actividad compleja de innovación que a su vez presenta más de un solo objetivo.

Partiendo de esta amplia definición conceptual, la agenda de investigación en los primeros tramos de la década pasada se centró en la relevancia de las sistemas de gestión ambiental en los procesos de eco-innovación en el sector manufacturero de las economías avanzadas, y en su impacto sobre la capacidad de introducir eco-innovaciones a nivel de firmas. No obstante, las nuevas evidencias empíricas surgidas posteriormente [12, 15-20] sugieren que las capacidades tecnológicas y de gestión de las firmas para incorporar sistemas de gestión ambiental como asimismo ciertos determinantes asociados a la oferta y demanda se presentan como factores más influyentes para eco-innovar que las regulaciones ambientales vigentes en cada caso estudiado.

En concordancia con lo anterior, Kesidou & Demirel [12] concluyen a partir de los resultados obtenidos para un estudio en el sector industrial del Reino Unido que los factores de demanda afectan la decisión de las empresas de invertir en eco-innovación. Sin embargo, también señalan que las políticas medioambientales más exigentes parecen eficaces para alentar la introducción de prácticas eco-innovadoras tanto en los establecimientos industriales menos interesados en las cuestiones ambientales como a aquellos que han demostrado más interés por estas cuestiones y que presentan mayor capacidad organizativa para introducir eco-innovaciones.

No obstante, cabe agregar que Horbach [3] demuestra empíricamente como las expectativas de mayor volumen de mercado es un determinante de eco-innovación en el sector industrial alemán, independientemente de las regulaciones ambientales.

3. PROBLEMÁTICAS ASOCIADAS A LOS ASPECTOS METODOLÓGICO DE LA ECO-INNOVACIÓN.

Asimismo, el citado informe de la OCDE [14] indica que la medición de la eco-innovación en el sector industrial puede realizarse mediante fuentes de datos genéricos, basados en medidas de

insumos, de productos intermedios o finales como asimismo medidas indirectas de impactos, o bien conduciendo encuestas diseñadas específicamente. Sin embargo, se advierte que cada una de estas formas de medición presenta ventajas y desventajas. En el caso de las encuestas especializadas, se destaca que si bien son limitadas en cuanto a la cobertura geográfica o sectorial, y susceptibles a obtener un bajo número de respuesta, pueden brindar mejor información en profundidad, y a la vez facilitan la posibilidad de preguntar acerca de distintos aspectos de la eco-innovación.

En cuanto a los aspectos metodológicos de la eco-innovación más allá de los abordados en el citado informe de la OCDE [14], el trabajo de Arundel & Kemp [21] aporta valiosas reflexiones sobre las problemáticas asociadas a las definiciones conceptuales y operacionales de la eco-innovación. Basándose en los desarrollos metodológicos de los trabajos pioneros, Arundel & Kemp [21] sugieren que la eco-innovación debe ser medida para: (1) los aspectos que componen su naturaleza y su escala de uso, (2) los disparadores y obstáculos de la eco-innovación, y (3) los efectos de la eco-innovación. Asimismo, Arundel & Kemp [21] además de examinar y debatir métodos para la medición de la eco-innovación, prestan especial atención a los problemas asociados a lo que ellos consideran una demarcación conceptual débil de la eco-innovación, y que se asocia al “falso problema” debatido en referencia al Manual de Oslo para la medición de la innovación genérica. En este sentido, el “falso problema” consiste en que dicho manual define innovación en términos tan amplios que casi todas las firmas pueden ser innovadoras. Para superar la situación del “falso problema”, Arundel & Kemp [21] proponen como solución que los datos sean utilizados para identificar cómo las firmas eco-innovan y cuáles son los diferentes motivos para los variados modos de eco-innovación que coexisten, reconociendo así que parte del problema de la definición conceptual se debe a que la eco-innovación es un concepto relativo.

Por su parte, Del Río González [8], señala que los determinantes del cambio ambiental tecnológico pueden ser analizados a través de enfoques cualitativos y cuantitativos, indicando que cada uno de estos enfoques presenta ventajas y desventajas, pero que cada uno brinda aportes útiles que son difíciles de ser provistos por otros métodos. Asimismo, sostiene que ambos enfoques deben ser tratados como complementarios. Los estudios de casos son capaces de capturar los detalles del cambio tecnológico ambiental, los factores internos y externos de las firmas y las interrelaciones económicas y sociales que intervienen en la implementación de prácticas de cambio tecnológico ambiental. Por su parte, los estudios cuantitativos si bien son considerados más rigurosos y objetivos, se presentan como menos capaces de capturar la relevancia del contexto local institucional y socio-económico, tendiendo a establecer relaciones generales y omitiendo aspectos o variables clave de los determinantes para la innovación o difusión de tecnologías ambientales específicas.

4. LA RELEVANCIA DE LOS DETERMINANTES DE LA ECO-INNOVACIÓN EN EL SECTOR PYME Y DE BAJO A MEDIO CONTENIDO TECNOLÓGICO.

En la mayoría de los estudios realizados y consultados como antecedentes, los establecimientos industriales son caracterizados por su pertenencia a la rama de actividad, independientemente de la intensidad tecnológica a la que pertenece el establecimiento industrial y con un sesgo importante hacia establecimientos industriales de gran tamaño. Por lo tanto, los estudios realizados para PyMEs como asimismo para industrias de bajo a medio-bajo contenido tecnológico son exigüos, exceptuando los trabajos citados de Triguero et al. [14] para PyMEs de 27 economías de la Eurozona, de Cuerva et al. [16] para la industria de bebidas y alimentos de España, de Maçaneiro & Cunha [18] para la industria de papel en Brasil, de Hoogendoorn et al. para 8.000 PyMEs en Europa [22] y de Cepollaro Diana et al. para dos estudios de casos en industrias localizadas en San Pablo [23] y de Montalvo Corral [24] para PyMEs en México.

Tal como ocurre en los estudios genéricos de innovación, existe un sesgo hacia las industrias de bajo a medio bajo contenido tecnológico porque mayoritariamente la literatura especializada en la temática de I+D sobrevalúa la capacidad de innovación de las industrias de alto y medio-alto contenido tecnológico [25]. Sin embargo, la tendencia actual se centra en moverse hacia otros indicadores que no sean la cantidad de patentes, y que dan cuenta de las especificidades del segmento industrial de bajo y medio contenido tecnológico, tal como sugiere la evidencia empírica de los estudios realizados por Hirsch-Kreinsen [25], Heidenreich [26] y Kirner et al. [27].

De igual forma, Del Río González [8] cita que los análisis de los factores determinantes de cambio tecnológico ambiental en el sector de las PyMES industriales merecen especial atención debido a que los factores difieren de aquellos de las grandes empresas manufactureras. Asimismo, Del Río González [8] asevera que las PyMes son altamente importantes en la estructura económica de la mayoría de los países, y que el tamaño de las firmas representa una variable que ha resultado ser atractiva en la economía del cambio tecnológico. De igual forma, Del Río González [8] sostiene que el impacto de las regulaciones ambientales muy estrictas sobre la adopción de tecnologías ambientales en el sector de las PyMES industriales merece más atención, y que las barreras al cambio tecnológico ambiental en este sector deben ser empíricamente analizadas.

Asimismo, Del Río González [8] señala la importancia de los resultados obtenidos a partir de evidencia empírica del trabajo de Labonne [28] sobre la disposición de las PyMEs a eco-innovar, en donde se subraya dos posibles razones para que esto ocurra. Por un lado, las PyMEs tienden a presentar un stock de capital con un período de vida más corto, lo cual provee de más oportunidades para realizar cambios fundamentales en los procesos de producción. Por otra parte, los procesos de producción tienden a ser menos intensivos en capital, resultando más fácil de modificar a los mismos.

5. CONCLUSIONES

Exceptuando los estudios realizados por Cai & Zhou [17] para China y por Maçaneiro & Cunha para el sector productor de pulpa de papel en Brasil [18], Cepollaro Diana et al. [23] para dos estudios de casos de industrias medianas de San Pablo y de Montalvo Corral para México en el sector de la maquila [28], las numerosas investigaciones y contribuciones académicas en torno a los determinantes de prácticas eco-innovadoras en el sector industrial fueron realizadas para las economías de la Eurozona.

Para el contexto regional, cabe mencionar el reciente trabajo de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) [29] en donde se exponen los primeros lineamientos sobre la importancia de la eco-innovación en el contexto de las economías de la región.

Si bien en una anterior publicación, la CEPAL [30] presentó para el caso argentino experiencias sectoriales de eco-innovación, las mismas no pasan de ser más que casos anecdóticos que ni siquiera se ajustan a la metodología de estudios de casos.

De este modo, resulta pertinente realizar una serie de consideraciones preliminares acerca de las implicancias de los antecedentes analizados para la medición local de la eco-innovación. Asimismo, pareciera apropiado incluir en estas consideraciones el rol desempeñado por los factores de demanda y oferta, las capacidades tecnológicas y organizacionales de las firmas, y las regulaciones ambientales como potenciales determinantes de prácticas de eco-innovación en esas economías para su evaluar su potencial empleo como variables explicativas en el contexto local de industrias de bajo y medio contenido tecnológico.

En primer lugar y en contraposición con las citadas economías de la Eurozona, este sector productivo local presenta elevados niveles de informalidad, especialmente en actividades industriales que se caracterizan por presentar bajos niveles de intensidad tecnológica, y que paradójicamente, cuentan con un alto nivel de protección industrial (ej. textil, calzado y afines, curtiembres, etc.).

En segundo lugar y al considerar los factores de oferta como determinantes de prácticas de innovación ambiental, cabe indicar que a diferencia de las economías de la Eurozona, nuestro país presenta una estructura productiva oligopólica y altamente concentrada, proceso que se inició a partir de los años 90 y se consolidó post-convertibilidad [31]. Asimismo, estos altos niveles de concentración no solamente influyen en la formación de precios de bienes (intermedios y/o finales) y de servicios, sino que también parecieran haber cimentado una estructura oligopólica de quienes proveen insumos al sector productivo.

En tercer lugar, si bien hay evidencias en estos estudios que sugieren asociaciones significativas entre las características de las firmas en relación al tamaño, a la antigüedad del establecimiento industrial, al origen del capital, y al mercado de destino de su producción, resulta relevante incorporar variables que se refieran al nivel de protección industrial, al nivel de concentración de los proveedores, y a la dependencia de materia prima o insumos importados, considerando la base productiva oligopólica señalada anteriormente. Como ejemplo se puede citar, el caso señalado por un referente del área tecnológica del sector de molienda de granos. Básicamente, las instalaciones para molinos de granos se desarrollan bajo el sistema de llave en mano, y al estar tan estandarizada la producción del equipamiento por parte de los proveedores de equipos industriales para moler granos, resulta imposible introducir una nueva tecnología de molienda de granos que reduzca en un porcentaje sustantivo el residuo generado del proceso de desgranado y que mejora el contenido proteico de la harina, constituyéndose en un producto más saludable.

En cuarto lugar, y en contraposición con las economías de la Eurozona, a nivel local existe una escasa capacidad técnica e institucional para efectivizar un real cumplimiento de la normativa ambiental, a la vez que la problemática de la superposición jurisdiccional ralentiza el proceso de integración de las responsabilidades jurisdiccionales en materia ambiental, aspecto que podría influenciar la introducción de prácticas de eco-innovación más que el nivel de exigencia de la normativa vigente.

En quinto lugar, otro aspecto diferenciador entre ambas economías lo constituye la ausencia a nivel local de mecanismos institucionalizados de financiación a largo plazo para la implementación de programas de producción limpia a lo largo de las cadenas de valor o de manera sectorial como asimismo la inexistencia de incentivos económicos-financieros para el desarrollo de eco-embalaje o eco-etiquetado. Tanto es así que los países de la Eurozona disponen de fondos comunitarios destinados al financiamiento de iniciativas para fomentar la eco-innovación en el sector de bajo y medio contenido tecnológico, y favorecer el desarrollo de esas iniciativas dentro del Programa

Marco para la Innovación y la Competitividad y/o del Plan de Acción sobre Eco-innovación. En el caso de la Cuenca Matanza-Riachuelo, el Programa de Reconversión Industrial (PRI) se orienta exclusivamente a mejorar el desempeño y gestión ambiental de los procesos productivos de los establecimientos industriales declarados como agentes contaminantes, pero sin disponer de financiamiento para la implementación de eco-innovaciones relativas a productos y métodos organizacionales, que se ubican en el escalón más alto de las prácticas de eco-innovación, denominadas como *tecnologías integradas de producción más limpia*. En este sentido, los PRI parecieran estar orientados al escalón más bajo de la eco-innovación, conocido como *tecnologías de control de contaminación de final de tubería*.

Y por último, a diferencia de las economías de la Eurozona y de algunos casos incipientes en las economías emergentes, en el país no existen políticas a nivel federal, provincial y/o municipal que promuevan las compras en el sector público de productos denominados “verdes” (*green-purchasing plans/programmes*), factor que ha recibido especial atención dentro de los determinantes de demanda según las evidencias empíricas para esas economías.

A modo de reflexión final, cabría preguntarse hasta qué punto resulta pertinente medir empíricamente las prácticas de eco-innovación en el actual contexto de las industrias de bajo y mediano contenido tecnológico, que en una elevada proporción pertenecen al sector PyME.

Según la última Encuesta Estructural a PyME industriales del año 2015 [32], las industrias de bajo y medio contenido tecnológico representan a más del 75% del total de las 20.269 PyMEs industriales existente en el país. La respuesta a este interrogante parece, entonces, a la luz de estos datos resultar incuestionable. A pesar de los claroscuros que presenta en sus aspectos conceptuales y metodológicos, la agenda de la eco-innovación para las industrias de bajo y medio contenido tecnológico merece ser considerada como una línea de investigación en el contexto local para dilucidar las complejas relaciones entre innovación ambiental, empleo y productividad en este sector.

6. REFERENCIAS.

- [1] Pavitt, K. (1984). Sectorial patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13, 343-373.
- [2] Porter, M. E., & Van der Linde, C. (1995). “Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship”. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97-118.
- [3] Horbach, J. (2008). “Determinants of environmental innovation - New evidence from German panel data sources”. *Research Policy*, 37, 163-173.
- [4] Renning, K. (2000). “Redifining innovation - eco-innovation research and the contribution from ecological economics”. *Ecological Economics*, 32, 319-332.
- [5] Brunnermeier, S. B., & Cohen, M. A. (2003). Determinants of environmental innovation in US manufacturing industries. *Journal of Environmental Economics and Management*, 45, 278-293.
- [6] Rehfeld, K. M., Rennings, K., & Ziegler, A. (2007). Integrated product policy and environmental product innovation: and empirical analysis. *Ecological Economics*, 61 (1), 91-100.
- [7] Frondel, M., Horbach, J., & Rennings, K. (2008). What triggers environmental management and innovation? Empirical evidence for Germany. *Ecological Economics*, 66(1), 153-160.
- [8] Del Río González, P. (2009). The empirical analysis of the determinants for environmental technological change: A research agenda. *Ecological Economics*, 68, 861-878.
- [9] Low, P., & Yeats, A. (1992). Do dirty industries migrate? In: Low, P. (Ed.), *International Trade and the Environment*, World Bank Discussion Paper nº159. World Bank, Washington D.C.
- [10] Wheeler, D. (2001). Racing to the bottom? Foreign investment and air pollution in developing countries. World Bank, Development Research Group, Working Paper nº 2524.
- [11] Jänicke, M. & Jacob, K. (2004). Lead markets for environmental innovations: a new role for the nation state. *Global Environmental Politics* 4(1), 29–46.
- [12] Kesidou, E., & Demirel, P. (2012). On the drivers of eco-innovations: empirical evidence from the UK. *Research Policy*, 41, 862-870.
- [13] Horbach, J., Rammer, C., & Rennings, K. (2012). Determinants of eco-innovations by type of environmental impact - The role of regulatory push/pull, technology push and market pull. *Ecological Economics*, 78, 112-122.
- [14] OECD. (2009). *Sustainable Manufacturing and Eco-Innovation: Framework, Practices and Measurement - Synthesis Report*. OECD: Paris.
- [15] Triguero, A., Moreno-Mondéjar, L., & Davia, M.A. (2013). Drivers of different types of eco-innovation in European SMEs. *Ecological Economics*, 92, 25-33.
- [16] Cuerva, M.C., Triguero-Cano, A., & Córcoles, D. (2014). Drivers of green and non-green innovation: empirical evidence in Low-Tech SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 68, 104-113.

- [17] Cai, W.-g., & Zhou, X.-l. (2014). On the drivers of eco-innovation: empirical evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, 79, 239-248.
- [18] Maçaneiro, M. B., & Cunha, S. K. (2015). Relações entre fatores contextuais internos às organizações e a adoção de estratégias proativas e reativas de ecoinovações. *Ram - Rev. Adm. Mackenzie*, 16(3), Edição Especial 20-50.
- [19] Lee, K.H., & Min, B. (2015). Green R&D for eco-innovation and its impact on carbon emissions and firm performance. *Journal of Cleaner Production*, 108, 534-542.
- [20] Bonzanini Bossle, M., Dutra de Barcellos, M., Marques Vieira, L., & Sauveé, L. (2016). The drivers for adoption of eco-innovation. *Journal of Cleaner Production*, 113, 861-872.
- [21] Arundel, A., & Kemp, R. (2009). Measuring eco-innovation. UNU-Merit Working Paper Series-017.
- [22] Hoogendoorn, B., Guerra, D., van der Zwan, P. (2015). What drives environmental practices of SMEs?. *Small Business Economics*, 44:759–781.
- [23] Cepollaro Diana G., Chiappetta Jabbour C. J., Lopes de Sousa Jabbour, A. B & Kannan, D. (2017). Putting environmental technologies into the mainstream: Adoption of environmental technologies by medium-sized manufacturing firms in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 142(4), 4011-4018.
- [24] Montalvo Corral, C. (2003). Sustainable production and consumption systems—cooperation for change: assessing and simulating the willingness of the firm to adopt/develop cleaner technologies. The case of the In-Bond industry in northern Mexico. *Journal of Cleaner Production*, 11, 411–426.
- [25] Hirsch-Kreinsen, H. (2008), 'Low-Tech' innovations, *Industry and Innovation*, 15(1), 19-43.
- [26] Heidenreich, M. (2009). Innovation patterns and location of European low- and medium-technology industries. *Research Policy*, 38, 483-494.
- [27] Kirner, E, Kinkel, S, & Jaeger, A (2009), Innovation paths and the innovation performance of low-technology firms - An empirical analysis of German industry, *Research Policy*, 38(3), 447–458.
- [28] Labonne, J. (2006). A comparative analysis of the environmental management, performance and innovation of SMEs and larger firms. For the European Commission, D.G. Environment. Final Report.
- [29] Rovira, S., Patiño, J. & Schaper, M. (2017). *Ecoinnovación y producción verde: una revisión sobre las políticas de América Latina y el Caribe*. Documentos de Proyectos e Investigaciones. Santiago: CEPAL.
- [30] Rovira, S. & Hiriart, C. (Edits). (2014). *Innovación sustentable: espacios para mejorar la competitividad de las PYMES argentinas*. Documentos de Proyectos e Investigaciones. Santiago: CEPAL.
- [31] Manzanelli, P., & Schorr, M. (2012). Extranjerización y poder económico industrial en Argentina. *Problemas del desarrollo*, 43(170), 39-67.
- [32] Donato, V. N. (2016). *Informe 2015-2016: evolución reciente, situación actual y desafíos para 2017*. (1ª ed.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Fundación Observatorio Pyme.

Desarrollo de una herramienta computacional para aplicar mejora continua en la calidad de un alimento a través de la evaluación sensorial

D'Onofrio, María Victoria; Vargas Kostiuik, María Eugenia⁽¹⁾;
González, Mariela Azul

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.
Juan B Justo 4302, 7600, Mar del Plata. fi.vicky@gmail.com.*

(1) Luis Mitjans 20, 6ªA, 28007, Madrid

RESUMEN.

En el proceso de producción en la industria alimentaria es fundamental cuidar y controlar la calidad del producto elaborado, la cual está asociada a un conjunto de propiedades y características que les confieren la capacidad de satisfacer las necesidades del consumidor. La industria de los alimentos tiene en la evaluación sensorial una técnica que permite valorar la percepción del consumidor de un producto como un todo, o de un aspecto específico del mismo. Las pruebas sensoriales posibilitan diversificar el uso de materias primas alternativas en la fabricación de nuevos productos alimenticios que enriquezcan la disponibilidad y el acceso a los alimentos. La necesidad de sustituir –en menor o mayor grado– las fuentes tradicionales de alimentos es creciente; pues los actuales sistemas de producción tienen que abastecer a una población más grande y cada vez más exigente. Dicha técnica, sin embargo, es intrínsecamente subjetiva debido a su dependencia de los sentidos humanos; en consecuencia, diversos evaluadores podrán diferir en cuanto a su apreciación de un producto determinado. La incertidumbre asociada a la percepción sensorial puede aprovecharse como parte del proceso de evaluación mediante el uso de la Lógica Difusa. A partir de un trabajo del Tesis Doctoral que tuvo como objetivo general caracterizar y comparar la calidad harino panadera y sensorial de distintos cultivares indígenas de trigo espelta y de trigo panadero, surgió el interés de desarrollar una herramienta computacional que incorpore el conocimiento del experto con el objetivo de ponderar la calidad de diferentes tipos de panes y detectar las debilidades de las materias primas asociadas a su elaboración, lo cual permite sugerir mejoras en los cultivares y en el proceso de elaboración de los panes.

Palabras Claves: trigo espelta y panadero, pan, calidad, análisis sensorial, Lógica Difusa

ABSTRACT.

In the production process in the food industry, it is fundamental to care for and control the quality of the processed product, which is associated with a set of properties and characteristics that give them the capacity to satisfy the needs of the consumer. The food industry has in the sensorial evaluation a technique that allows to evaluate the perception of the consumer of a product as a whole, or of a specific aspect of the same. Sensory tests make it possible to diversify the use of alternative raw materials in the manufacture of new food products that enrich the availability and access to food. The need to replace - to a greater or lesser extent - traditional food sources is increasing; since the current production systems have to supply a larger and more demanding population. Such a technique, however, is intrinsically subjective because of its dependence on the human senses; consequently, different evaluators may differ in their assessment of a particular product. The uncertainty associated with sensory perception can be used as part of the evaluation process through the use of Fuzzy Logic. Based on a Doctoral Thesis that had as general objective to characterize and compare the quality of the flour and sensory of different indigenous cultivars of spelled wheat and wheat baker, the interest arose to develop a computational tool that incorporates the knowledge of the expert with the objective of weighing the quality of different types of breads and detecting the weaknesses of the raw materials associated with their elaboration, which allows to suggest improvements in the cultivars and in the breading process.

1. INTRODUCCIÓN.

La elaboración del pan es un proceso laborioso en el que intervienen tanto la industria de primera transformación -molinería, convirtiendo el grano en harina- como la de segunda transformación -panadería, convirtiendo la harina en pan-. El pan ha sido y sigue siendo un alimento básico de la dieta en muchas partes del mundo.

Existen numerosos factores implicados en la consecución de una óptima calidad del pan. Por un lado, la selección de la materia prima más apropiada (el grano o la harina) para que se adecue a las características deseadas en el producto final (la harina o el pan). Por otro lado, es fundamental determinar adecuadamente los parámetros de cada una de las operaciones implicadas en el transformación del trigo en harina (acondicionamiento del grano, reglaje de los molinos, en la industria molinera) y de la harina en pan (hidratación de la masa, tiempos y temperaturas de fermentación y de cocción, en la industria panadera). A estos condicionantes se une la complejidad propia del producto final, el pan, que incluye una variada gama de productos; podemos encontrar panes muy diferentes en base a criterios como la hidratación de la masa durante el amasado (masas blandas /duras), la incorporación o no de grasa, el método de leudado (biológico/químico), la adición de algún cereal diferente al trigo, entre otros aspectos.

Por todo ello, la calidad harino panadera del trigo es un concepto amplio y complejo, y más aún si sumamos otros factores, como son las preferencias del consumidor.

Es difícil predecir la calidad del pan a partir de las características de la variedad, de la harina o de la masa. Sin embargo, se convierte en una exigencia fundamental, no solo para toda la cadena trigo-harina-pan, sino para los programas de mejora, en los que miles de nuevas líneas se evalúan cada año para encontrar trigos de alta calidad para panificación.

La mayoría de los investigadores estiman la calidad del pan mediante determinaciones en el grano, en la harina y en la masa. Mediante este tipo de ensayos se puede analizar el comportamiento o el rendimiento potencial en harina (peso hectolítrico, humedad, cenizas, dureza), la cantidad y la calidad de la proteína (contenido en proteína, gluten húmedo, gluten index, SDSS), el comportamiento del almidón (RVA), la actividad α -amilásica (Índice de Caída), las propiedades físicas de la masa (Alveógrado de Chopin) o el comportamiento de la masa durante el amasado (Consistógrafo de Chopin). Aunque lo ideal es combinar este tipo de ensayos con pruebas de panificación experimental que, no solo permiten verificar el comportamiento de nuevas variedades de trigo, sino también evaluar la influencia del empleo de otros ingredientes, tales como enzimas, emulsificantes, mejorantes y levaduras.

Los ensayos de panificación deben tener en cuenta todo el protocolo, incluyendo la formulación de la masa y todos los parámetros que es necesario ajustar en cada una de las operaciones unitarias del proceso productivo: amasado, reposo en bloque, división, boleado, reposo en bola, formado, fermentación y cocción. En este sentido, existen ya algunos protocolos normalizados por la International Organization for Standardization (ISO, 1985), la American Association of Cereal Chemists (AACC, 1999) y la Association Française de Normalisation (AFNOR, 2002).

La información aportada por los ensayos debe ser complementada por los del análisis sensorial, ya que la calidad sensorial del pan (percibida a partir de los sentidos de la vista, olfato, gusto, oído y tacto) juega un papel muy importante en la dimensión de la calidad total del producto [1,2]. Las técnicas del análisis sensorial se convierten en herramientas cada vez más empleadas tanto en las industrias de panificación como en el ámbito de la investigación. Desde el punto de vista del consumidor, la calidad sensorial es uno de los factores más importantes para la aceptación de un determinado producto [3].

Se pueden distinguir dos tipos de métodos para su evaluación. Por un lado, los métodos afectivos, "tests de aceptación de consumidores", que permiten evaluar la actitud del consumidor respecto a aspectos como: atributos relacionados con la calidad del pan y la decisión de compra, influencia del origen socio-cultural, percepción de la frescura, actitud del consumidor hacia los panes ecológicos y desarrollo de nuevos productos de panificación. Por otra parte, la utilización de métodos analíticos, "análisis descriptivos sensoriales", en los que se utilizan paneles de jueces entrenados, y que permiten la elaboración del perfil sensorial de un determinado pan. Los jueces deberán estar particularmente familiarizados con los descriptores sensoriales y la intensidad de cada atributo mediante el empleo de definiciones verbales que describan los extremos de las escalas de intensidad de los atributos [4,5]. En general, los atributos sensoriales del pan se suelen agrupar en cuatro niveles: aroma, apariencia, textura y sabor [1,6].

Durante los últimos años, en la evaluación sensorial de productos alimenticios, se han realizado esfuerzos para que la información obtenida por los órganos sensoriales sea precisa y cuantitativa, surgiendo un enfoque de aplicación de la Lógica Difusa que ha tenido experiencias exitosas [4,5,6]. Para este tipo de análisis se propone implementar un sistema basado en Lógica Difusa proposicional, éste consta de un fuzificador (que calcula el grado de pertenencia de un valor de entrada a un conjunto difuso), una base de conocimiento (reglas de base "si-entonces"), árbol proposicional que las organiza y un defuzificador [4,7], el cual permite obtener un valor numérico

final que representa a la evaluación integral del conocimiento del experto, con lo que se espera generar valores numéricos que pueden ser analizados e interpretados de manera más confiable. La vida real está llena de situaciones que requieren del razonamiento aproximado para manipular información cualitativa más que cuantitativa. La Lógica Difusa proposicional puede resolver problemas tal como lo haría un experto humano, tales como procesar y reconocer imágenes o inclusive evaluar la calidad de un producto alimenticio cualificando la experiencia humana. Son situaciones que tienen en común el ser complejas y dinámicas y también que son más fácilmente caracterizadas por palabras que por expresiones matemáticas.

La Lógica Difusa es un amplio campo de estudio y se han desarrollado diferentes herramientas en los últimos 15 años y aunque su aplicación en el control de calidad de los alimentos para la industria alimentaria ha sido destacada por varios autores [7,8,9,10,11,12], todavía limitadas y hay pocas referencias disponibles sobre este tema.

A partir de un trabajo de tesis doctoral desarrollado en la Universidad Politécnica de Madrid por una egresada de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, denominado "Evaluación de la calidad funcional y sensorial en cultivares de *Triticum aestivum* ssp. *vulgare* y ssp. *spelta* en cultivo ecológico", surgió el interés de valorar la aplicación de la Lógica Difusa en el análisis sensorial y de calidad de los panes objeto del estudio. Para ello se propone desarrollar una herramienta de Lógica Difusa que permita caracterizar la calidad de los panes elaborados relacionando las variables cualitativas (datos obtenidos a partir de la evaluación sensorial por panel de jueces) con el razonamiento realizado por los expertos del área. Para ello proponemos un modelo basado en Lógica Difusa proposicional que evalúa las proposiciones indicadas por el experto a través de operadores difusos, obteniendo un valor cercano a uno cuando la calidad del pan es óptima y cercano a cero cuando presenta debilidades significativas. Se utiliza *FuzzyTreeStudio*, un producto de software concebido como un Sistema de Apoyo a la Decisión. Aborda los conceptos de la Lógica Difusa por medio de una interfaz gráfica de usuario amigable. El objetivo principal es dar alguna ayuda en el análisis de datos mediante la aplicación de conocimientos previos de expertos, lo que permite la evaluación y comparación de alternativas. La interfaz de usuario de *FuzzyTreeStudio* proporciona un fácil acceso a las diversas herramientas y funciones para navegar, ver, editar, administrar y consultar árboles de Lógica Difusa proposicional (*FuzzyPropositionalTrees*).

Los resultados revelan el o los atributos que presentan alguna debilidad. A partir de allí se puede desandar la traza hacia el protocolo de elaboración, las harinas utilizadas y sus cultivares, para posteriormente implementar mejoras. Los resultados obtenidos, en primera instancia, han sido validados por el experto, y posteriormente se pondrán en práctica en el obrador donde se elaboraron los panes, donde se estudiará si las modificaciones deberán realizarse en los protocolos de elaboración, en el manejo de los cultivares o en las materias primas, a través de los productores de semillas.

La herramienta brinda al especialista un valor que representa la calidad global de cada pan en base a descriptores sensoriales, establecidos a partir de los jueces y la concepción del experto, sobre las características que debe poseer un pan de calidad óptima y permite detectar las debilidades de las materias primas asociadas a su elaboración. Esta metodología constituye un enfoque innovador porque puede aplicarse en otras áreas donde se utilicen paneles de jueces para la valoración de atributos sensoriales de alimentos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Materiales.

Para la elaboración de los panes se dispuso de tres variedades comerciales de trigo panadero (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare* L.), 'Bonpain', 'Craklin' y 'Sensas' y de dos variedades de trigo espelta (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.), 'Espelta Álava' y 'Espelta Navarra'. Los cinco cultivares procedían de cultivo ecológico, se recolectaron en el año agronómico 2010/2011 en Vitoria (Álava) (42° 51' N, 2° 40' W) y fueron cedidas por la Diputación Foral de Álava. La variedad 'Bonpain' es un trigo de primavera de procedencia francesa que tiene como característica principal su alta fuerza panadera. Es comercializado en España por la empresa Semillas Certificadas Castells S.L. La variedad 'Craklin' es un trigo de invierno de procedencia francesa, de ciclo medio a espigado y rápido en maduración, posee alto potencial productivo y gran adaptación a condiciones de siembra muy diversas, especialmente a todo tipo de secanos, posee poca fuerza y es extensible. Es comercializado en España por la empresa Limagrain Ibérica S.A. La variedad 'Sensas' es un trigo de primavera de origen francés considerado un trigo de fuerza y con alto potencial productivo. El obtentor de la variedad es SERASEM. Las variedades locales 'Espelta Álava' y 'Espelta Navarra' son de ciclo largo. La procedencia de estos trigos espelta es incierta. La información de la que se dispone es que la variedad 'Espelta Álava' procedía de la localidad de Salcedo en Asturias y la variedad 'Espelta Navarra' de Francia. Fueron identificadas con estos nombres por los agricultores que las sembraron en Álava.

La siembra del material utilizado se realizó en el año agronómico 2010/2011 en la finca Eskalmendi de la Diputación Foral de Álava. Los trigos de ciclo largo se sembraron en diciembre del 2010 y los de ciclo corto en febrero de 2011. Toda la siembra se realizó en la misma finca, que trabaja bajo condiciones de cultivo ecológico desde el año 2002.

Las distintas muestras de trigo se molieron en un molino cerámico para obtener las harinas. Posteriormente se realizaron los ensayos de panificación a escala reducida, que tienen una gran importancia para poder reproducir las condiciones y parámetros que intervienen en el proceso de elaboración a escala real. La puesta a punto de un protocolo final de panificación adecuado a los cinco cultivares requirió realizar sucesivas pruebas que fueron corrigiendo los problemas y errores que surgieron en los distintos ensayos. De esta forma se pudieron optimizar parámetros tales como: hidratación, temperaturas y tiempos de amasado, manipulación de la masa y condiciones de fermentación y cocción. Los panes se hornearon de forma conjunta el mismo día que se hicieron las pruebas instrumentales y sensoriales, por ello se decidió optar por un proceso de precocción y congelación. De este modo, los panes se terminaban de cocer el mismo día que se sometían a ensayo.



Figura 1 Sala de Análisis Sensorial (Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Madrid) y panel de cata.

Las pruebas instrumentales de los productos cocidos se organizaron en un orden temporal lógico, de tal manera, que primero se realizaron los ensayos con la pieza entera, y posteriormente los destructivos que requirieron el corte de la pieza en rebanadas. Los parámetros físicos medidos fueron: volumen y densidad de los panes, humedad, parámetros de textura y color de la miga de pan y análisis de la imagen de la rebanada de pan.

El análisis sensorial de los productos cocidos se llevó a cabo en la sala de Análisis Sensorial de la Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Madrid (EUITA) conforme con los estándares internacionales [13], y con el objetivo de describir las propiedades sensoriales de los cinco tipos de pan, se aplicó la metodología de la guía general para establecer un perfil sensorial [14]. Primero se realizó la fase de selección del panel de cata, donde 9 jueces resultaron elegidos, posteriormente recibieron entrenamiento y fueron validados.



Figura 2 Panes de estudio. A: 'Sensas', B: 'Bonpain', C: 'Craklin', D: 'Espelta Navarra' y E: 'Espelta Álava'.

En segundo lugar se procedió a la evaluación y el análisis sensorial de los panes elaborados con las cinco harinas de estudio. Por medio de pruebas triangulares de comparación por parejas, se valoró si los jueces percibían los cinco panes como diferentes y a la vez generar los términos descriptivos que se utilizarían para la cata final. A continuación se realizó la determinación del análisis del perfil sensorial, para cuantificar sus atributos sensoriales. Se evaluaron los 5 panes objeto de estudio, siguiendo las normas internacionales: Método para establecer el perfil olfato-gustativo [15] y Evaluación de productos alimenticios por métodos que utilizan escalas [16]. Para efectuar el análisis descriptivo de las muestras se utilizó una escala hedónica no estructurada. La escala consistió en una recta de 100 mm de longitud, con los términos descriptivos colocados en

los extremos. Los jueces hicieron una marca en la recta para indicar la intensidad de cada atributo en la ficha de cata (Figura 3). Se midió la distancia entre la marca hecha por el catador y el extremo izquierdo de la recta, obteniéndose un valor numérico.

 Ficha de Cata	Fecha: Nombre: Código de Muestra: Código Mantel:
Atributos de olor	
Miga:	
Levadura	A u s e n t e M u y p r o n u n c i a d o
Lláctico	
Vainilla	
Nuez	
Ciruela	
Regaliz	
Corteza:	
Tostado	
Atributos de apariencia	
Color corteza	Marrón claro Marrón oscuro
Color miga	Blanco
Homogeneidad alveolos	Baja Alta
Nº alveolos de la miga	Pocos Mucho
Atributos de textura	
En mano:	
Firmeza de la miga	M u y d é b i l M u y p r o n u n c i a d o
Elasticidad de la miga	
En boca:	
Humedad de la miga	
Cohesividad de la miga	
Atributos de sabor	
Miga:	
Cereal	A u s e n t e M u y p r o n u n c i a d o
Ácido	
Dulce	
Intensidad de sabor	
Corteza:	
Intensidad de sabor	

Figura 3 *Ficha de cata*
Elaboración propia

Los panes objeto de estudio, cocidos el mismo día de la prueba, se dejaron enfriar para su posterior evaluación, se cortaron en rebanadas de 15 mm y se envolvieron en papel de aluminio para su correcta conservación y presentación a los jueces. Se evaluó una rebanada completa de pan para cada muestra (incluida la miga y la corteza). Se sugirió a los jueces el siguiente orden para el análisis sensorial de los atributos del pan: primero la fase olfativa, llevándose la muestra cerca de la nariz, debían olerla con inhalaciones largas y fuertes al mismo tiempo que apretaban

suavemente dos veces, con el fin de liberar los compuestos aromáticos. El mismo procedimiento se repitió con la corteza. Luego debían seguir por la fase apariencia, pasar a la fase textura (tanto en mano como en boca) y concluir con la fase sabor. De esta forma se obtuvieron las puntuaciones de los diferentes atributos presentados en la ficha de cata, para cada uno de los panes, por cada uno de los jueces que integró el panel.

En las Tablas 1, 2, 3 y 4 se muestran los datos utilizados en el presente trabajo, que son los valores medios de los atributos sensoriales calculados mediante pruebas múltiples de Duncan, por grupos (aroma, apariencia, textura y sabor) otorgados por cada uno de los nueve jueces para los cinco tipos de panes [17].

Tabla 1 Comparación de medias mediante pruebas múltiples de Duncan de los descriptores para los atributos del aroma en los cinco tipos de panes

Cultivar	Atributos del Aroma						
	Miga						Corteza
	Lev	Lac	Va	Nu	Ci	Re	To
Bonpain	4,9	2,7	2,5	3,6	2,2	1	5,6
Craklin	4,6	2,5	1,2	3,5	1,6	0,4	4,4
Sensas	4,9	3,3	2,5	3,3	2,4	1,2	4,7
Espelta Navarra	4	2,3	2,8	5	4,1	5,2	7
Espelta Álava	5,2	2,5	1,9	2,4	1	0,7	6,1

Abreviaturas: **Lev**: levadura; **Lac**: ácido láctico; **Va**: vainilla; **Nu**: nuez; **Ci**: ciruela; **Re**: regaliz; **To**: tostado.
Elaboración propia

Tabla 2 Comparación de medias mediante pruebas múltiples de Duncan de los descriptores para los atributos de apariencia en los cinco tipos de panes

Cultivar	Atributos de apariencia			
	Corteza	Miga		
	Cocr	Comg	Halv	Nalv
Bonpain	7,1	7,1	5,9	6,6
Craklin	4,9	6,2	6,4	6,3
Sensas	6,8	7,1	6,6	6,4
Espelta Navarra	7,4	5,9	4,5	5,1
Espelta Álava	7,1	4,4	3,9	5,3

Abreviaturas: **Cocr**: color de la corteza; **Comg**: color de la miga; **Halv**: homogeneidad de alveolos en la miga; **Nalv**: número de alveolos en la miga.
Elaboración propia

Tabla 3 Comparación de medias mediante pruebas múltiples de Duncan de los descriptores para los atributos de textura en los cinco tipos de panes.

Cultivar	Atributos de textura			
	Textura en mano		Textura Oral	
	Fir	El	Humg	Coh
Bonpain	6,4	4	6,4	6,6
Craklin	8,5	2,9	6,4	6,5
Sensas	6,9	3,1	7,1	6,1
Espelta Navarra	8,2	5,3	6,2	5,8
Espelta Álava	4,7	6,2	5,3	5,7

Abreviaturas: **Fir**: firmeza de la miga; **El**: elasticidad de la miga; **Humg**: humedad de la miga de pan; **Coh**: cohesividad.
Elaboración propia

Tabla 4 Comparación de medias mediante pruebas múltiples de Duncan de los descriptores para los atributos de sabor en los cinco tipos de panes.

Cultivar	Atributos de sabor				
	Miga				Corteza
	Cer	Ac	Du	IFmg	IFcr
Bonpain	6,7	1,9	3	5,4	5,5
Craklin	6	1,4	3,8	5,4	5,3
Sensas	6	1,6	4,3	5,8	5,6
Espelta Navarra	5,7	2,9	4,9	7	6
Espelta Álava	5,3	1,8	2,8	4,6	5,8

Abreviaturas: **Cer**: cereal; **Ac**: ácido; **Du**: dulce; **IFmg**: intensidad de sabor en la miga; **IFcr**: intensidad de sabor en la corteza.

Elaboración propia

2.2. Métodos.

La Lógica Difusa es un enfoque favorable para la toma de decisiones. Su capacidad de incorporar declaraciones verbales en el modelado formal es ventajosa para un tratamiento sistemático de situaciones reales. Esta ventaja proviene de una interacción adecuada entre la información de los responsables y el razonamiento de los expertos. La posibilidad real de incorporar el "conocimiento experto" y la subjetividad inherente a los tomadores de decisiones en situaciones prácticas continua siendo limitada. El enfoque de la Lógica Difusa ha surgido en las primeras ciencias no formalizadas, como la gestión. La flexibilidad de la Lógica Difusa admite una interpretación eficaz del lenguaje natural al construir modelos matemáticos y conclusiones prácticas más adecuadas. Se puede argumentar que, en la práctica actual de las decisiones gerenciales, el uso de predicados intrincados, como los que caracterizan las opiniones de expertos, revela la necesidad de elaborar marcos. Por lo tanto, para hacer frente a la complejidad estructural de las empresas en entornos inestables, se requiere un mejor enfoque lógico. Por otro lado, la asignación de valores de verdad a proposiciones a través de aplicaciones de diversas lógicas de valores múltiples carece de algunas propiedades deseables, tales como la sensibilidad a los cambios en los valores de verdad de los predicados básicos, o el "significado verbal" de los valores de la verdad. Por lo tanto, aplicamos no sólo las lógicas difusas convencionales, sino también la Lógica Compensatoria (CL) difusa debido a su capacidad de selección, clasificación, evaluación y problemas de clasificación. Además los argumentos teóricos, las cualidades de CL fueron aprobadas por la investigación empírica en la cual una variedad de sistemas lógicos fueron implicados para resolver diversos problemas. Este enfoque implica "intercambios" entre atributos y la posibilidad de condiciones de veto para cada atributo y permite modelar la independencia preferencial mediante el uso de proposiciones condicionales. Proponemos un modelo basado en lógica proposicional desarrollado utilizando *FuzzyTreeStudio*. Se trata de un producto de software concebido como un Sistema de Apoyo a la Decisión. Aborda los conceptos de la Lógica Difusa por medio de una interfaz gráfica de usuario amigable. El objetivo principal es dar alguna ayuda en el análisis de datos mediante la aplicación de conocimientos previos de expertos, lo que permite la evaluación y comparación de alternativas. La interfaz de usuario de *FuzzyTreeStudio* proporciona un fácil acceso a las diversas herramientas y funciones para navegar, ver, editar, administrar y consultar arboles de Lógica Difusa proposicional (*FuzzyPropositionalTrees*).

Para desarrollar la herramienta computacional se construyó un árbol de preposición con el conocimiento experto. Este enfoque implica "intercambios" entre atributos y la posibilidad de condiciones de veto para cada atributo; además, permite modelar la independencia preferencial mediante el uso de proposiciones condicionales.

El árbol proposicional desarrollado se presenta en la Figura 4.

Descriptores del árbol proposicional son:

Atributos del olor: La fermentación de la masa origina componentes aromáticos en la miga, mientras que el proceso de cocción influye en el olor de la corteza. Durante el amasado se originan por la actividad enzimática, por el metabolismo de las levaduras y las bacterias lácticas durante la fermentación de la masa panaria, las reacciones de oxidación de los lípidos y las reacciones térmicas durante la cocción [18]. También las recetas (ingredientes y técnicas de elaboración) pueden contribuir en gran medida al aroma final del pan.

Calificación de calidad óptima de los atributos del olor para el experto:

El olor levadura de la miga 5

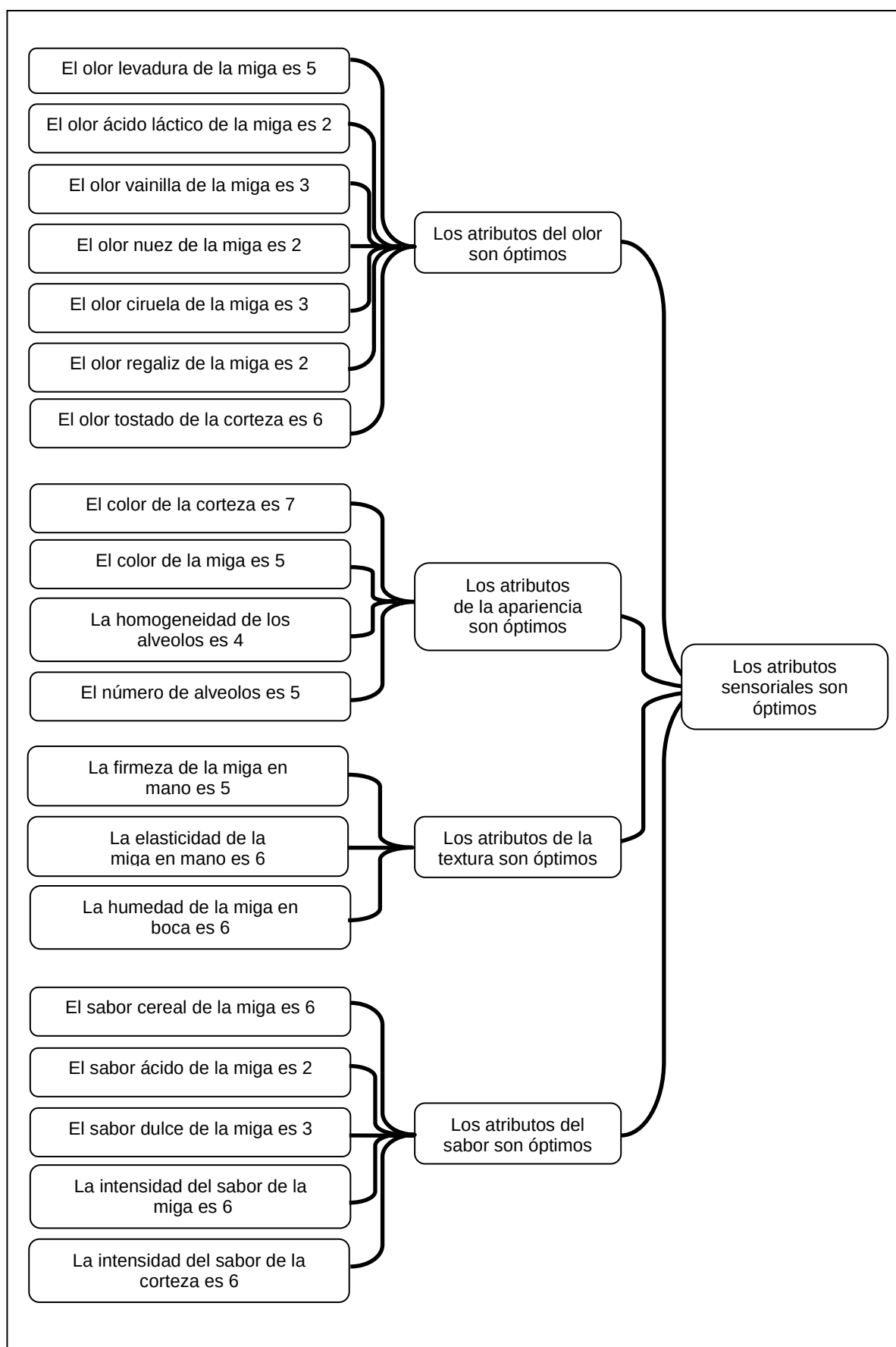


Figura 4 Árbol Proposicional para la evaluación de los atributos sensoriales
Elaboración propia

Los atributos de apariencia: El tipo de harina empleado en la elaboración del pan influye en el color de la miga así como también la oxidación durante el amasado. El color de la corteza se desarrolla durante la etapa de la cocción del pan. El número de alveolos y la variación del tamaño de los mismos en la miga influyen en las propiedades relacionadas con la textura del pan [19] y están muy relacionados con el contenido en proteína de la harina y las condiciones de fermentación. La estructura de la miga del pan interviene con un peso del 20% en el juicio de la calidad del pan [20]. La percepción de la miga al tacto o en la boca está muy influenciada por el tamaño y la estructura de las alveolos: cuando son finos, con paredes delgadas y uniformes en tamaño, la textura es más suave y más elástica que cuando son grandes, irregulares en tamaño y con paredes más gruesas [20].

Calificación de calidad óptima de los atributos de apariencia para el experto:

El color de la corteza es 7

El color de la miga es 5

La homogeneidad de los alveolos es 4

El número de alveolos es 5

Los atributos de textura: La corta vida útil del pan y la pérdida de frescura de la miga están fundamentalmente asociadas con la evolución de dos parámetros de textura: el incremento de firmeza y pérdida de elasticidad [20,21,22]. La textura de la miga del pan está relacionada con la cantidad de agua añadida a la masa y con el posible empleo de harinas especiales en el proceso, pero los factores más determinantes son la cantidad y la calidad de la proteína [1]. La percepción de los atributos de textura se suele realizar en dos etapas: fase táctil (se comprime la miga con el dedo y se evalúan atributos tales de firmeza y elasticidad), y fase en la boca (se evalúan humedad, adhesividad y cohesividad).

Calificación de calidad óptima de los atributos de textura para el experto:

La firmeza de la miga en mano es 5

La elasticidad de la miga en mano es 6

La humedad de la miga en boca es 6

Los atributos de sabor: Incluyen las percepciones olfatorias causadas por las sustancias volátiles percibidas en la cavidad nasal y las percepciones causadas por las sustancias solubles percibidas en la boca, como los sabores básicos y los factores sensoriales químicos (astringencia, picor, calor, frío) que estimulan las terminales nerviosas. El sabor es, por tanto, la percepción simultánea del sabor, el aroma y la respuesta del nervio trigémino. Factores tales como el microorganismo empleado para la fermentación, el contenido en cenizas de la harina (relacionado con la tasa de extracción) o la temperatura de fermentación, influyen sobre el sabor del pan [4].

Calificación de calidad óptima de los atributos de sabor para el experto:

El sabor cereal de la miga es 6

El sabor ácido de la miga es 2

El sabor dulce de la miga es 3

La intensidad del sabor de la miga es 6

La intensidad del sabor de la corteza es 6

3. RESULTADOS

Para evaluar la calidad panadera, el experto valoró los atributos sensoriales deseados en los panes, lo cual es procesado mediante la herramienta informática y se obtiene como resultado un valor que indica la medida en cada tipo de pan cumple con cualidades esperadas para obtener un producto de calidad.

Tabla 5 Resultados finales obtenidos para los cinco tipos de panes.

Cultivar	Valor de verdad con CompensatoryFuzzyLogic (CFL)
Bonpain	0,8305
Cracklin	0,6538
Sensas	0,7397
Espelta Navarra	0,698
Espelta Álava	0,9465

Elaboración propia

En la Tabla 5 se presenta el resultado final que genera la herramienta informática para cada tipo de pan, es decir, los valores de verdad obtenidos de la evaluación final del árbol proposicional.

Dicha evaluación se realiza utilizando los valores indicados por el experto evaluados a través del método propuesto.

Los valores de verdad en la Tabla 5 indican la calidad de cada tipo de pan en función de lo esperado por el experto, con el cual se construyó el árbol de proposiciones, quedando en primer lugar el elaborado con el trigo Espelta Álava. En las Figuras 5 y 6 se presentan los resultados completos para los panes elaborados con los cultivares Espelta Álava y Cracklin. Se puede observar en ambos gráficos que la herramienta nos proporciona cuadros de diferentes colores. El color rojo indica que dicho atributo cumple con la calificación de calidad dada por el experto, el color naranja que no se aparta demasiado de lo esperado y el amarillo que se encuentra muy distante de lo esperado. Por lo tanto los cuadros de color amarillo indican aquellos atributos a los que se les debe prestar mayor atención, porque se asocian con debilidades de las materias primas utilizadas en su elaboración, lo cual permite sugerir mejoras en los cultivares y en el proceso de elaboración de los panes.

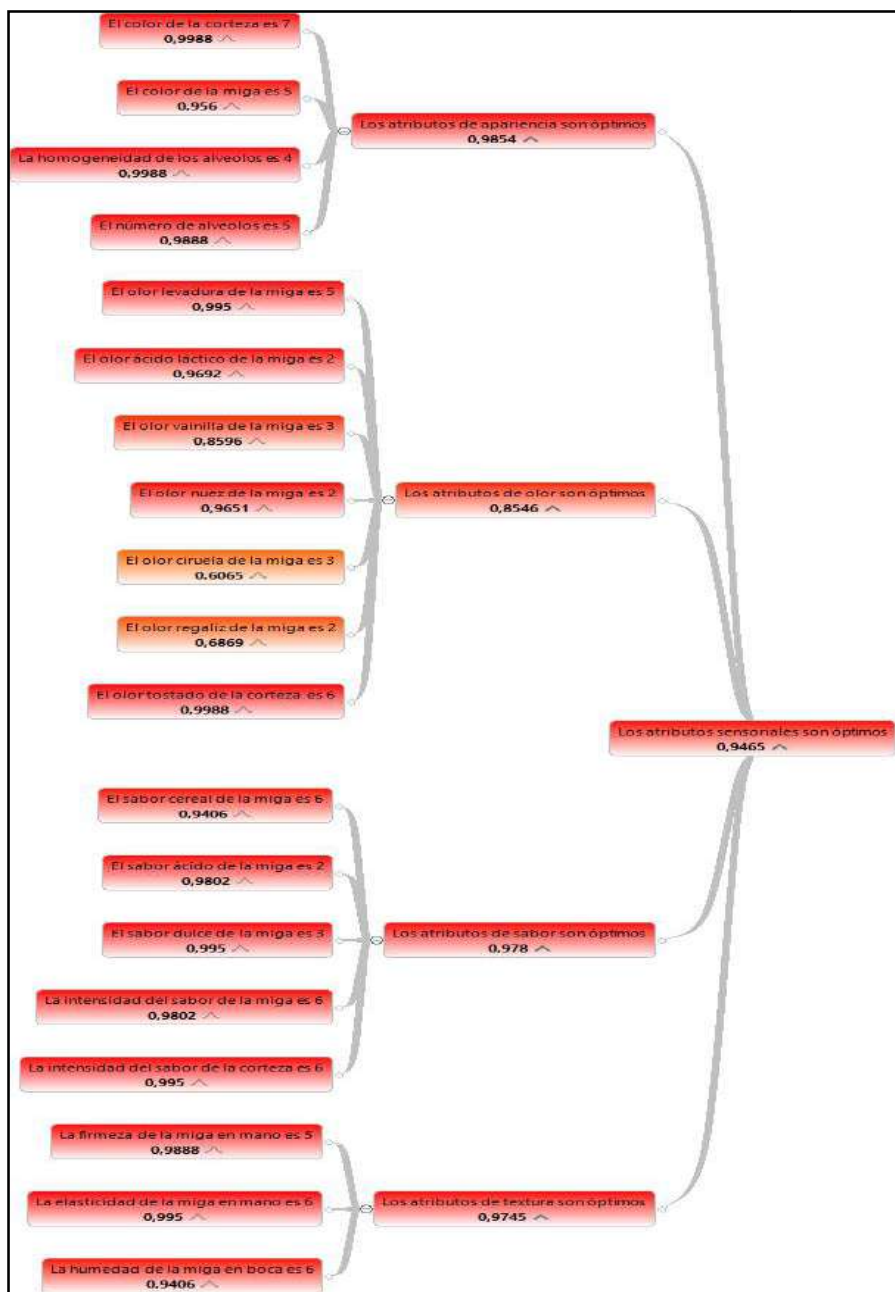


Figura 5 Evaluación del Árbol Proposicional para el pan Espelta Álava.
Elaboración propia

4. CONCLUSIONES.

Los resultados revelan el o los atributos sensoriales que presentan alguna debilidad. A partir de allí se puede desandar la traza hacia el protocolo de elaboración, las harinas utilizadas y sus cultivares, para posteriormente implementar mejoras.

La herramienta brinda al especialista un valor que representa la calidad global de cada pan en base a descriptores sensoriales sobre las características que debe poseer un pan de calidad y permite detectar las debilidades de las materias primas asociadas a su elaboración, establecidos a partir de los jueces y la concepción del experto.

Esta metodología constituye un enfoque innovador porque puede aplicarse en otras áreas donde se utilicen paneles de jueces para la valoración de atributos sensoriales de alimentos.

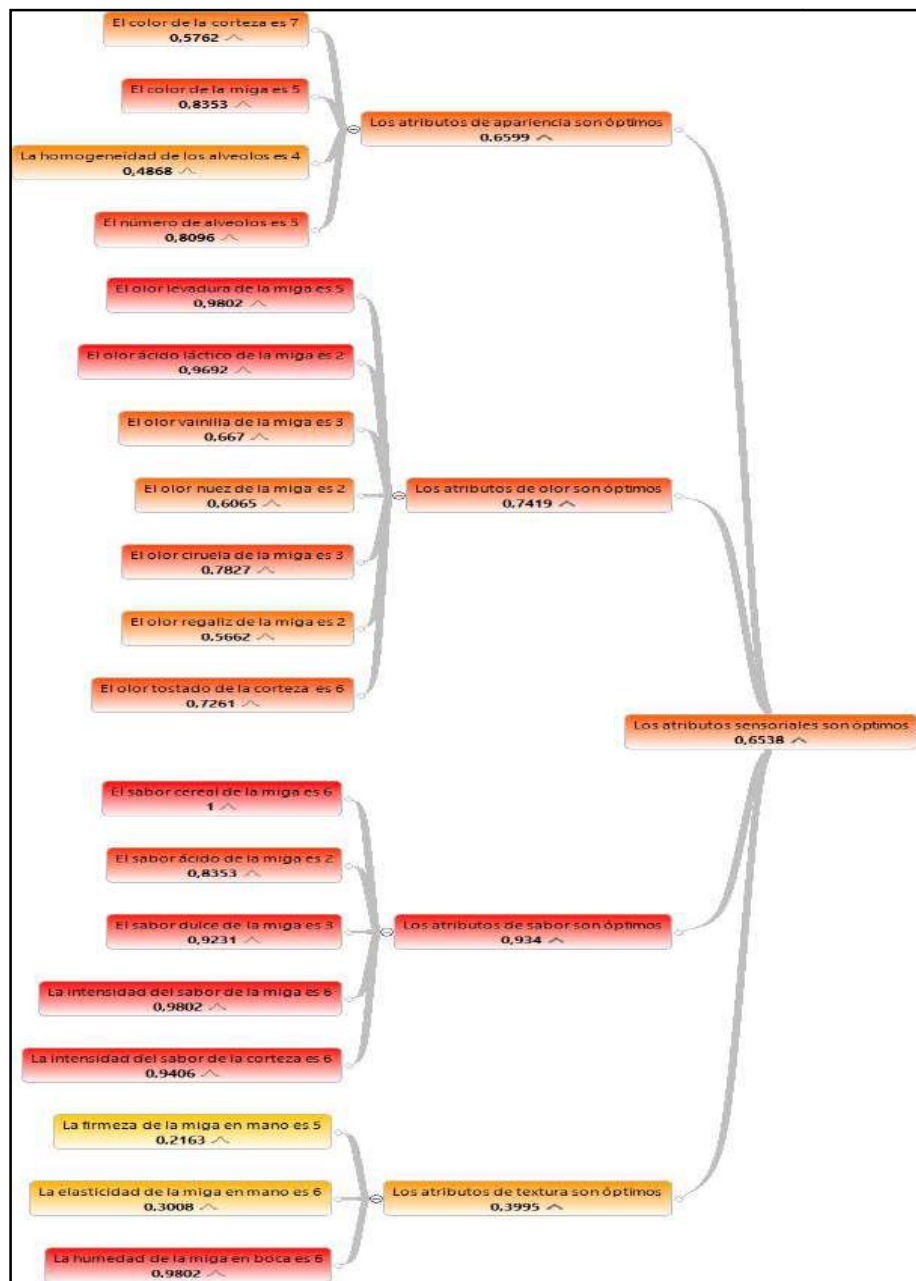


Figura 6 Evaluación del Árbol Proposicional para el pan Cracklin.

Elaboración propia

5. REFERENCIAS.

- [1] Kihlberg, I.; Johansson, L.; Kohler, A.; & Risvik, E. (2004). "Sensory qualities of whole wheat pan bread—influence of farming system, milling and baking technique". *Journal of Cereal Science*. 39(1), 67-84.

- [2] Elia, M. (2011). "A procedure for sensory evaluation of bread: protocol developed by a trained panel". *Journal of Sensory Studies*. 26(4), 269-277.
- [3] Dewettink, K.; Van Bockstaele, F.; Kühne, B.; Van de Walle, D.; Courtens, T. M. & Gellynck, X. (2008). "Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception". *Journal of Cereal Science*. 48(2), 243-257.
- [4] Katina, K. (2005a). "Sourdough: a tool for the improved flavour, texture and shelf-life of wheat bread". *VTT Publications* 569. Helsinki, Finland.
- [5] Katina, K., Arendt, E., Liukkonen, K. H., Autio, K., Flander, L., & Poutanen, K. (2005b). "Potential of sourdough for healthier cereal products". *Trends in Food Science & Technology*. 16(1), 104-112.
- [6] Callejo, M.J. (2011). "Present situation on the descriptive sensory analysis of bread". *Journal of Sensory Studies*. 26(4), 255-268.
- [7] Vásquez-Villalobos, V.; Vásquez, J.; Méndez, E. (2014). "Modelamiento por Lógica Difusa de la Preferencia y Aceptabilidad Sensorial de Corazones de Alcachofa (*Cynara Scolymus* L.) Marinadas en Conserva". *Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos Cibia9*. Valencia, España.
- [8] Cavalcanti, M.; da Silva, F.; Cavalcanti, J; Florentino, E.; Florêncio, L.; Moreira, R. (2013). "Aplicacao da lógica fuzzy na análise sensorial de pão de forma enriquecido". *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 17, 208-215.
- [9] Mukhopadhyay, S.; Majumdar, G.; Goswami, T.; Mishra, H. (2013). "Fuzzy logic (similarity analysis) approach for sensory evaluation of chhana podo". *LWT - Food Science and Technology*. 53, 204-210.
- [10] Ínan, Ó; Arslan, D.; Tasdemir, S; Özcan, M. (2011). "Application of fuzzy expert system approach on prediction of some quality characteristics of grape juice concentrate (Pekmez) after different heat treatments". *Food Science and Technology*. 48, 423-431.
- [11] Singh, K.P.; Mishra, Abhinav; Mishra, H.N. (2012). "Fuzzy analysis of sensory attributes of bread prepared from millet-based composite flours". *LWT-Food Science and Technology*. 48(2), 276-282.
- [12] Estrella, F. J., Espinilla, M., & Martínez, L. (2014). "Fuzzy linguistic olive oil sensory evaluation model based on unbalanced linguistic scales". *Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing*. 22, 501-520.
- [13] ISO 8589. (2007). *Sensory Analysis. General Guidance for the Design of Test Rooms*. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland.
- [14] ISO 13299. (2003b). *Sensory Analysis. General Guidance to Establish a Sensory Profile*. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland.
- [15] ISO 6564. (1985). *Sensory Analysis. Flavour Profile Methods*. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland.
- [16] ISO 4121. (2003a). *Sensory Analysis. Evaluation of Food Products by Methods Using Scales*. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland.
- [17] Callejo, M. J.; Vargas Kostjuk, M. E.; Rodríguez-Quijano, M. (2015). "Selection, training and validation process of a sensory panel for bread analysis: Influence of cultivar on the quality of breads made from common wheat and spelt wheat. *Journal of Cereal Science*. 61, 55-62.
- [18] Cayot, N. (2007). "Sensory quality of traditional foods". *Food Chemistry*. 102(2), 445-453.
- [19] Salmenkallio-Marttila, M., Roininen, K., Autio, K., & Lähteenmäki, L. (2004). "Effects of gluten and transglutaminase on microstructure, sensory characteristics and instrumental texture of oat bread". *Agricultural and Food Science*. 13, 138-150.
- [20] Lassoued, N., Delarue, J., Launay, B., & Michon, C. (2008). "Baked product texture: Correlations between instrumental and sensory characterization using Flash Profile". *Journal of Cereal Science*. 48(1), 133-143.
- [21] Callejo, M. J., Gil, M. J., Rodríguez, G., & Ruiz, M. V. (1999). "Effect of gluten addition and storage time on white pan bread quality: instrumental evaluation". *Zeitschrift für Lebensmittel untersuchungund-Forschung A*. 208(1) 27-32.
- [22] Poinot, P., Arvisenet, G., Grua-Priol, J., Colas, D., Fillonneau, C., Le Bail, A., & Prost, C. (2008). "Influence of formulation and process on the aromatic profile and physical characteristics of bread". *Journal of Cereal Science*. 48(3), 686-697

Revisión y Análisis de Envases Activos e Inteligentes: su aplicación en la industria alimenticia

Nicolao García, José Ignacio*; Zárate, Claudia

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.
Juan B. Justo 4302 - B7608FDQ Mar del Plata. jngarcia@fi.mdp.edu.ar.*

RESUMEN.

Los cambios en los hábitos de consumo de la población, como así también las nuevas tendencias hacia la mejora de los flujos logísticos, han incentivado a la industria alimenticia para desarrollar no sólo nuevas tecnologías de producción, sino también de nuevos sistemas de envasado. Los envases activos e inteligentes desempeñan un papel fundamental en la comercialización de alimentos que requieren mayores estándares de calidad. El objetivo del presente trabajo es el de describir las aplicaciones de los envases inteligentes en general y analizar, en particular, el uso de estos envases en la logística y el comercio internacional de alimentos. En primera instancia se analiza el origen y evolución de los envases tradicionales, y se presentan los conceptos y características generales de los envases activos e inteligentes. Se profundiza el estudio sobre las soluciones tecnológicas aplicadas a los mismos, desarrollándose en forma detallada los sistemas actuales. También se presentan las nuevas tendencias que se vienen desarrollando. Finalmente se realiza, un análisis relacionado con la aplicación de estas soluciones para mejorar el flujo logístico de los alimentos y también su influencia en el comercio internacional.

Palabras Claves: Envases Activos, Envases inteligentes, Envases para Alimentos, Trazabilidad, Logística.

ABSTRACT

Changes in the population consumption habits, as well as, trends towards the optimization of logistics flows, have encouraged the food industry to develop not only new production technologies but also new packaging systems. Active and intelligent packaging plays a fundamental role in foods commercialization that requires higher quality standards. The objective of the present work is to describe the applications of intelligent packaging in general and to analyze, in particular, the use of these containers in the logistics and international trade of food. First, the origin and evolution of traditional packaging is analyzed, and the concepts and general characteristics of active and intelligent packaging are presented. Then, the study on the technological solutions applied to them is deepened, developing in detail the current systems. Next, the new developing trends are presented. Finally, an analysis related to the application of these solutions is carried out to improve the logistic flow of food and also its influence in international trade.

Keywords: Active Packaging, Smart Packaging, Food Packaging, Traceability, Logistic,

1. INTRODUCCIÓN

En respuesta a los cambios en los hábitos de consumo, la industria agroalimentaria ha desarrollado nuevas tecnologías de producción y conservación de los alimentos. En este contexto, los nuevos sistemas para envases activos, envases inteligentes y envases comestibles desempeñan un papel fundamental en la comercialización de alimentos con mayores estándares de calidad.

Se denomina **envase** al contenedor que está en contacto directo con el producto mismo. Su función es guardar, proteger, conservar e identificar el producto; facilitar su manejo y comercialización.

Muchas veces escuchamos la palabra **packaging** cuando se habla de envases. Se trata de un término anglosajón que engloba las funciones de contener, proteger, distribuir y comercializar los productos. El packaging suele estar más vinculado a la comercialización de los productos y no tanto a la función contenedora de los envases.

El **embalaje** es la cobertura que da mayor protección y poder de manipulación a las mercancías envasadas. Su función es adecuar las condiciones para el almacenamiento, transporte y llegada a destino de los productos en óptimo estado. Mientras el envase contiene al producto y promueve su identidad, el embalaje protege al envase. El envase es la protección individual de cada uno de los productos, mientras que el embalaje, la protección colectiva (por eso se lo relaciona además con el almacenamiento). [1] Así mismo se suele utilizar el término **empaquete** que se define como cualquier material que encierra un artículo, con o sin envase, con el fin de preservarlo y facilitar su entrega al consumidor. Generalmente se suelen utilizar como sinónimos y referirse a uno u otro en forma indistinta. Del mismo modo, otros términos como **material de empaque** y **material de embalaje** se utilizan para referirse a los envases.

Los envases activos e inteligentes, a diferencia del empaque o packaging tradicional, son capaces de efectuar otras funciones como interactuar, detectar, mostrar, registrar o comunicar una información sobre el estado del producto, en particular del alimento envasado o su entorno. [2]

Se pueden distinguir tres formas básicas generales de envases activos e inteligentes:

- ❖ envases con elementos o sistemas contenedores de datos como etiquetas, códigos de barras o identificación por radiofrecuencia, que se usan para almacenar o transmitir datos;
- ❖ envases con indicadores de evidencia tales como los indicadores de temperatura, de tiempo, de concentración de gases o sensores biológicos, que permiten el control del producto envasado y su entorno.
- ❖ envases con elementos o sistemas integrados por sustancias activas que se incorporan en el propio material de envase, en unos casos mediante dispersión y en otros injertándolas químicamente en el propio material.

Se pueden desarrollar nuevos y sofisticados envases mediante el desarrollo tecnológico, pero también se puede optar por añadir inteligencia a muy bajo coste a los envases habituales. Para esto los códigos de barras tradicionales y los bidimensionales serían perfectamente adecuados a tales fines.

El objetivo del presente trabajo es describir las aplicaciones de los envases inteligentes en general y analizar, en particular, el uso de los envases inteligentes en la logística y el comercio internacional de alimentos.

Este trabajo posee los siguientes apartados:

En primera instancia se analiza el origen y evolución de los envases tradicionales, presentando los conceptos y características generales de los envases activos e inteligentes.

A continuación, se profundiza el estudio sobre las soluciones tecnológicas aplicadas a envases activos e inteligentes. Aquí se desarrollan detalladamente los sistemas actuales y se presentan las nuevas tendencias que se vienen desarrollando.

Posteriormente se realiza un análisis relacionado con la aplicación de estas soluciones para mejorar el flujo logístico de los alimentos y, en particular su influencia en el comercio internacional.

En el último capítulo se exponen las consideraciones finales y las perspectivas asociadas al desarrollo tecnológico de envases inteligentes en el ámbito local.

2. EVOLUCIÓN DE LOS ENVASES

2.1. Historia, evolución y características

Hasta comienzos de este siglo, los envases de alimentos eran esencialmente rígidos, tales como frascos, latas, bidones y barriles. Se fabricaban con metales -acero, por lo general-, y vidrio. [3]

En la actualidad se dispone de una amplia gama de envases y embalajes de muy diversos materiales y características para satisfacer la demanda de la gran cantidad de productos alimentarios que existen hoy. Debido a esta enorme variabilidad es posible seleccionar para cada uso el envase y tecnología de envasado más adecuado. Esta selección se realiza en función de distintos parámetros como son las características del producto, la forma de transporte, el tipo de almacenamiento y distribución comercial, su vida útil esperada, la posibilidad de reutilización y/o reciclado de los materiales que lo componen, su compatibilidad medio ambiental, entre otros.

En nuestra sociedad actual el envase es esencial para la comercialización de cualquier producto. En las últimas décadas el envase ha adquirido un papel fundamental desde el punto de vista del marketing, de la distribución y de la conveniencia para el consumidor. Para el marketing, los métodos modernos de publicidad y promoción necesitan un envase atractivo que comunique algo al consumidor para que de esta forma el consumidor adquiera el producto. Sin envases y embalajes sería imposible que la mayoría de los productos comercializados fuesen distribuidos y accesibles al consumidor en un mercado cada vez más amplio.

2.2. Envases tradicionales y no tradicionales

El **envase tradicional** se lo puede definir como un recipiente fabricado con cualquier material o combinación de materiales, cuyo fin es contener el producto, actuando como una barrera pasiva que separa el contenido del medio ambiente. De esta manera evita o retrasa los efectos adversos del entorno para mantener la calidad y seguridad del contenido envasado.

El **envase no tradicional** despierta un gran interés, en particular en la industria alimentaria produciéndose actualmente un gran esfuerzo en el desarrollo e investigación de este tipo de envases. Entre el grupo de los envases no tradicionales, encontramos los **envases activos y los envases inteligentes** que pueden ser vistos como la próxima generación en el envasado de alimentos.

Como "envases activos e inteligentes" se clasifican aquellos que combinan los componentes del producto con las características del material del envase, con las propiedades de algún compuesto químico agregado o con elementos físicos externos, para distintas funciones que se consideran importantes tales como conservar el producto envasado o indicar el historial del producto. Dentro de este grupo se encuentran también los envases que portan etiquetas, tintas o esmaltes, que se utilizan como indicadores de la calidad, seguridad o tratamiento del producto envasado. Se fundamentan en reacciones físico-químicas, enzimáticas u otras, que dan lugar, generalmente al cambio de color del dispositivo, señalando de esa forma el cambio que tuvo lugar en el alimento.

El **envase activo** (en inglés denominado *active packaging*), actúa como un sistema coordinado con el producto y el entorno para mejorar la seguridad, la calidad y alargar su vida útil. Los envases activos pueden incorporar "agentes activos" en el interior del envase, tales como compuestos químicos, sólidos o gaseosos, para controlar la oxidación, el crecimiento de microorganismos y la humedad, entre otros. También pueden contemplar el agregado de sustancias o aditivos a los materiales constitutivos del envase o el rediseño de las estructuras del envase para facilitar el mantenimiento de la calidad de los alimentos en el tiempo.

El **envase inteligente** es aquél que brinda información del producto envasado al fabricante, al consumidor o a cualquiera de los eslabones de la cadena logística. El envase inteligente censa algunas de las propiedades del producto que encierra o el entorno en el que se mantiene e informa el estado de estas propiedades.

3. SOLUCIONES TECNOLÓGICAS APLICADAS A ENVASES ACTIVOS

Las soluciones tecnológicas aplicadas a envases activos que actualmente existen en los mercados, se clasifican según formen parte o no de la estructura del envase, en dos grandes grupos:

Sistemas independientes: Saquitos, tiras o etiquetas, como elemento que se incorpora o adhiere al interior del envase, pero que es una parte diferenciada del mismo. Se fabrican con materiales resistentes a la rotura, generalmente permeables por una sola cara, a través de la cual se realiza la transferencia de masa, generalmente gases o vapores absorbidos o liberados por el sistema. En general, la cara permeable tiene que orientarse hacia el espacio de cabeza y no hacia el alimento, con cuyo contacto puede obstruirse y en algunos casos desactivarse completamente, especialmente si se trata de alimentos líquidos. Actualmente son los sistemas más ampliamente utilizados. Deben acompañarse de un etiquetado apropiado que permita al consumidor identificarlo como una parte no comestible y evite su consumo accidental [4].

Sistemas integrados en el propio envase: Las sustancias activas se incorporan en el propio material de envase, en unos casos mediante dispersión y en otros injertándolas químicamente en el propio material. Se pueden incorporar en capas intermedias de los materiales multicapa, llamándose capa activa, evitando así el contacto directo de la parte activa con el alimento o bien en el material que está directamente en contacto con el alimento. A diferencia de los sistemas independientes, en este caso el sistema activo no se percibe por el consumidor como elemento diferenciado del envase, lo que evita el posible rechazo del consumidor y el riesgo de consumo accidental de su contenido [5]. Los envases pueden incorporar también films barrera y funcionales para regular las migraciones gaseosas. Los films barrera impiden la migración desde el interior del envase hacia su entorno externo. Los films funcionales regulan las migraciones desde las películas activas hacia el alimento. La figura 1 presenta los distintos diseños estructurales multicapa que pueden presentarse para el control de la actividad en el envase.

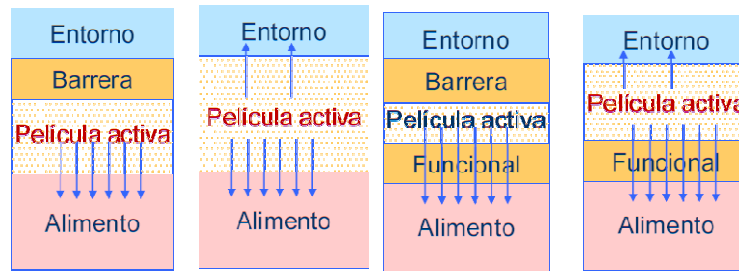


Figura 1: Diseños de la estructura activa para control de la actividad en envases. Recuperada de [6].

También las soluciones tecnológicas aplicadas a envases activos se pueden clasificar en 3 grandes grupos según la actividad que desarrollen dentro del envase. En este caso pueden ser:

1. Absorbentes-eliminadores
2. Liberadores
3. Biopolímeros

3.1. Absorbentes-eliminadores

Son aquellos que absorben sustancias químicas del interior del envase. Existen absorbentes de oxígeno, de etileno, de humedad, de dióxido de carbono, de componentes no deseados, entre otros. Su aplicación depende del producto envasado.

En la Figura 2 se puede observar la aplicación práctica de un absorbente de etileno. A la izquierda de la imagen se observa un absorbente tipo saquito utilizado en el envasado de paltas. A la derecha de la imagen se puede observar la diferencia del estado de maduración entre dos muestras de membrillos. Una muestra fue envasada con absorbentes de etileno mientras que la otra fue conservada sin envasar.



Figura 2: Absorbentes de etileno

Izquierda: paltas envasadas Recuperada de [7] - Derecha: comparativa de maduración. Recuperada de [8]

Su campo de aplicación principal es en frutas y vegetales sensibles al etileno: manzanas, kiwis, plátanos, mango, tomates, cebollas, zanahorias, espárragos, etc.

3.2. Liberadores o emisores

Son aquellos que liberan sustancias químicas al interior del envase. Su acción implica una transferencia de masa desde el sistema o material activo al contenido del envase: agentes antimicrobianos (etanol, dióxido de carbono, ácidos sórbico, benzoico, propiónico, bacteriocinas y otros), antioxidantes, aromatizantes, saborizantes, colorantes, ingredientes alimentarios y extractos y aceites esenciales de plantas con acción antimicrobiana o antioxidante.

El uso de etanol en el espacio de cabeza del envase actúa de manera efectiva para evitar el crecimiento de microorganismos, bacterias y mohos. Se utilizan en productos de panadería, pastelería y alimentos secos o semisecos.

Los liberadores de CO₂ inhiben el crecimiento microbiano en los alimentos. Se pueden utilizar conjuntamente con absorbentes de oxígeno para mantener una atmósfera adecuada para la conservación de determinados productos. Se han utilizado sistemas basados en carbonato de hierro (II) o mezclas de hidrógenocarbonato sódico y ácido ascórbico para aumentar la vida comercial de carnes frescas [9].

3.3. Biopolímeros

Los biopolímeros son materiales derivados de fuentes renovables y se espera que crezca su uso en gran medida en los próximos decenios debido a su carácter renovable y a su biodegradabilidad general. Hoy en día los únicos biopolímeros con un desarrollo y posibilidad técnica suficiente como

para poder ser usadas comercialmente en envasado son la celulosa, el almidón y polímeros del ácido poliláctico. Desafortunadamente el uso de estas películas biodegradables está fuertemente limitado debido a las pobres propiedades de barrera y a las escasas propiedades mecánicas, que muestran estos polímeros.

En los últimos años, se ha prestado especial atención a las propiedades que presentan los sistemas híbridos orgánicos – inorgánicos y en especial a aquellos que incorporan nanopartículas de silicatos dispersas en la matriz polimérica. Esta incorporación de las nanopartículas está ofreciendo una mejora de diferentes propiedades, tanto mecánicas, barrera frente a gases, estabilidad a la oxidación, etc. Se espera que el uso de estos nanocompuestos impulse el uso de las películas poliméricas biodegradables, ayudando de este modo a reducir los residuos plásticos en la naturaleza [10].

La utilización de envases activos se ha generalizado a una amplia gama de productos y actualmente la mayoría de los productos alimenticios poseen en su envase algún componente activo que mejora su performance.

4. SOLUCIONES TECNOLÓGICAS APLICADAS A ENVASES INTELIGENTES

Existe una gran variedad de sistemas que pertenecen a este grupo, tales como indicadores tiempo-temperatura, indicadores de estanqueidad o de integridad del envase, indicadores de frescura e indicadores de crecimiento microbiano.

Los principales sistemas están patentados, pero solo un número limitado ha sido comercializado porque se necesitan unos requerimientos muy estrictos. La mayoría de estos indicadores deben ser fácilmente activables, exhibir un cambio o mostrar una indicación que sea fácilmente medible, como un cambio de color, por ejemplo. Los cambios dependientes del tiempo y de la temperatura de exposición deben ser reproducibles e idealmente corresponderse o correlacionarse fácilmente con la pérdida de calidad o deterioro del producto alimenticio.

El agregado de inteligencia al envase no reemplaza las exigencias de los envases tradicionales, es decir, deben estar fabricados de conformidad con las buenas prácticas de fabricación y en las condiciones normales o previsibles de empleo, no pueden ceder componentes que puedan representar un peligro para la salud humana o provocar una modificación inaceptable de la composición o una alteración de las características organolépticas de los alimentos. Además, su etiquetado no puede ser reemplazado y no debe inducir a error a los consumidores. Dentro de estas soluciones se encuentran dispositivos con diversas aplicaciones y maneras de recoger y mostrar la información y se pueden diferenciar dos grandes grupos:

1. los sistemas portadores de datos
2. los indicadores en el envase.

4.1. Sistemas portadores de datos

Los sistemas portadores de datos son estándares que permiten a sus usuarios obtener, en tiempo real, información previamente organizada, minimizando los problemas de confusión, duplicación y mala interpretación. Esto es posible porque todo el sistema sigue el mismo código de reglas.

Estos sistemas constan, en su forma más básica, de un elemento de identificación y un dispositivo capaz de reconocerlo y decodificar la información que contiene.

La información requerida por el usuario puede estar contenida directamente en el elemento de identificación o puede ser referenciada a un sistema de base de datos.

Dentro de este grupo los códigos de barras son los portadores de datos más difundidos en la actividad comercial e industrial. La identificación por radio frecuencia es otra tecnología con gran crecimiento en el mercado en los últimos años.

4.1.1. El código de barras

El código de barras es una imagen formada por líneas verticales de diferente grosor y espaciado. Estas líneas se disponen de diferente forma para contener información que luego puede ser leída e interpretada por un lector de código de barras.

Los escáneres de códigos de barras son dispositivos capaces de capturar la imagen de un código de barras para luego poder interpretar la información codificada entre las barras y espacios. Esa información una vez decodificada es utilizada para reconocer rápidamente un artículo en cualquier punto de la cadena logística, para realizar inventarios, controlar el stock, el ingreso y las ventas de cualquier artículo en todo tipo de industrias y comercios.

Hay diferentes formatos y estándares para la codificación de las barras. UPC, PDF417, Code 39, Code 128, Ean, Datamatrix, QR entre otros. La Organización de Estándares en Códigos de Barras, **GS1**, es el organismo encargado de gestionar los formatos a nivel mundial.

Los códigos de barras pueden ser unidimensionales o bidimensionales. Su principal diferencia radica en la cantidad de información que contienen.

Los unidimensionales sólo contienen la información del código asociado, es decir, el lector ve lo mismo que una persona, pero por sistema puede hacer una consulta y traer más datos. El ejemplo

más conocido es el GTIN 13, antes llamado EAN-13, que se encuentra generalmente en los productos de comercialización en tiendas y supermercados.

Los bidimensionales, en cambio, pueden contener sólo el código o mucha información en sí mismos. El lector puede leer en el código toda la información disponible sobre ese producto sin la necesidad de consultar a ningún sistema de bases de datos externo. Los códigos más difundidos actualmente son el Datamatrix y el QR.

En la figura 3 se observan ejemplos de los 3 códigos de barra más difundidos. A la izquierda, el GTIN 13, formato clásico de los productos comerciales. Al medio, un Datamatrix del estándar GS1, utilizado generalmente para identificación de componentes en producción. A la izquierda, un QR del estándar GS1 para identificación y direccionamiento web.



Figura 3 Ejemplos de códigos de barra unidimensionales y bidimensionales. Recuperada de [11].

4.1.2. Identificación por radio frecuencia RFID

En los últimos años, la tecnología RFID ha entrado con fuerza al mercado comercial tecnológico gracias a su creciente difusión en aplicaciones de cadena de suministro motivada por las iniciativas de las cadenas de autoservicio y supermercados.

La tecnología RFID necesitaba entonces un estándar para poder ser reconocida como un lenguaje común entre proveedores y clientes y para ello GS1 creó el estándar conocido como Código Electrónico de Producto (EPC), que utiliza las bondades de la tecnología de RFID para la identificación de cualquier objeto que necesite ser administrado y controlado.

En la figura 4 se observan distintas aplicaciones de RFID. A la izquierda una etiqueta con termógrafo para control de temperatura. Al medio, una etiqueta con información para seguimiento logístico. A la derecha, una lata con tag RFID incorporado, que puede transmitir información a una aplicación para Smartphone.



Figura 4 Ejemplos de dispositivos RFID. Recuperada de [12].

Muchas son las ventajas de la tecnología RFID sobre el Código de Barras. Entre ellas podemos mencionar:

- ❖ No requiere una línea de visión directa y puede ser interpretado en distancias de hasta 10m.
- ❖ no requiere de intervención humana (Ideal para automatizar)
- ❖ lectura simultanea de múltiples artículos (protocolo anticolidión)
- ❖ puede realizar hasta 500 lecturas por minuto (5 veces más rápido que un código de barras)
- ❖ mayor duración y no le afectan los ambientes sucios
- ❖ capacidad de lectura y escritura

Esta última característica es la que le brinda su principal funcionalidad para ser utilizado en los envases inteligentes, ya que permite ser utilizada para seguimiento, trazabilidad, relevamiento de las condiciones de transporte y almacenamiento, temperatura, humedad, entre otras. Pueden almacenar esta información técnica y comercial del producto, y también relevar la información de otros dispositivos inteligentes, como los indicadores de temperatura y biosensores.

4.2. Indicadores en el envase

Los sistemas de relevamiento e indicadores en el envase existen para monitorear e informar al consumidor sobre alguno de los aspectos de los alimentos. El objetivo principal podría ser el de mejorar la calidad o el valor del producto, proporcionar más comodidad y aumentar la respuesta a

la mala manipulación o la falsificación. Este tipo de dispositivos pueden censar las condiciones del entorno, del interior del envase o directamente medir las condiciones de calidad del producto. Para ello debe existir contacto entre el producto almacenado y el indicador.

Como consecuencia, estos sistemas pueden ayudar al consumidor en el proceso de decisión, además de extender la duración, reforzar la seguridad, mejorar la calidad y advertir de un posible problema. Según el tipo de relevamiento que realizan o la forma de reportarlo se los divide en:

1. indicadores de tiempo/temperatura
2. indicadores de gases
3. indicadores de humedad
4. biosensores
5. indicadores de madurez

4.2.1. Indicadores tiempo / temperatura

Son pequeños dispositivos que muestran fácilmente cambios medibles, irreversibles y reproducibles dependientes del tiempo y/o de la temperatura. La idea básica que subyace detrás de estos indicadores es que la calidad del alimento se deteriora tanto más rápidamente cuanto más alta es la temperatura de exposición, debido a que se aceleran las reacciones químicas, bioquímicas o el crecimiento microbiano. Por lo tanto estos indicadores tienen como objetivo principal estimar la calidad y la integridad del producto.

Existen dos tipos de dispositivos: los que reflejan el efecto acumulativo del tiempo y la temperatura por la exposición del producto a temperaturas superiores a un nivel crítico, conocidos por sus siglas en inglés TTI y aquellos que indican si el producto ha sido sometido por debajo o por encima de un valor umbral o CTI.

Este tipo de indicadores son los más extendidos, pudiéndose encontrar muchas patentes al respecto. Se pueden mencionar muchas marcas en el mercado como 3M monitormark, Onvu, TTsensor TM, Checkpoint etc. En la figura 5 se observan dos envases distribuidos en el mercado argentino con aplicación de tintas termocrómicas, que indican su temperatura óptima de consumo.



Figura 5: Ejemplos argentinos de etiquetas con tintas termocrómicas. Recuperada de [13].

4.2.2. Indicadores de gases

Los alimentos son complicados de mantener dentro de los envases ya que tienen la capacidad de respirar y seguir modificando la atmósfera interior. También la composición de gases puede cambiar fácilmente dentro del envase debido a la interacción con su entorno.

Los indicadores de gas se utilizan para monitorear la composición del gas dentro del envase, mediante cambios en el color del indicador, producto de una reacción química o enzimática. Estos indicadores deben estar en contacto directo con el ambiente gaseoso que circunda al producto.

Este tipo de indicadores señalan principalmente la presencia o ausencia de oxígeno dióxido de carbono, aunque se han desarrollado algunos para etileno, etanol y sulfuro de hidrógeno.

Entre sus funciones principales también se encuentra la de determinar algún tipo de fuga dentro del empaque de alimentos con atmosferas controladas, y también para la determinación de la frescura de los alimentos como en el caso de la identificación de etileno en frutas.

Entre los empaques de este tipo que se están comercializando actualmente podemos mencionar a Ageless Eye, el cual es un indicador de oxígeno especialmente utilizado para ver si un empaque en ausencia de oxígeno sigue manteniendo su atmósfera inicial.

En la figura 6 se puede observar un dispositivo indicador de fuga de oxígeno y las indicaciones de lectura en función del color que exhibe el mismo.

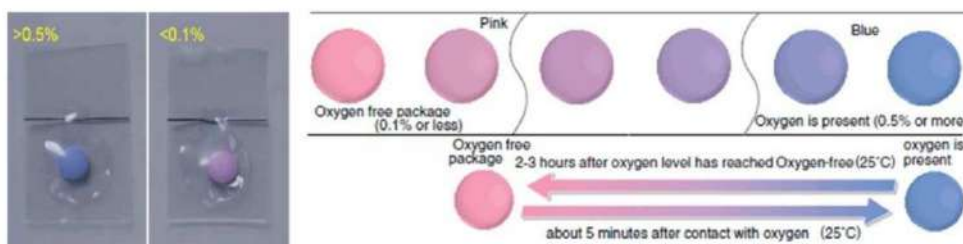


Figura 6: Indicador de fuga de gases para oxígeno Ageless Eye. Recuperado de [14].

También se encuentra en el mercado Ripesense, el cual es un indicador de la atmosfera que se genera debido a la maduración de la frutas.

4.2.3. Indicadores humedad

Son etiquetas que indican variaciones en la humedad mediante un cambio de color. Estos indicadores pueden contener cloruro de cobalto, que reacciona con la humedad virando de azul a rosa cuando ésta aumenta, el cual puede observarse en la figura 7. También pueden estar compuestos por cloruro de cobre, que pasa de amarillo a verde con el incremento de humedad.

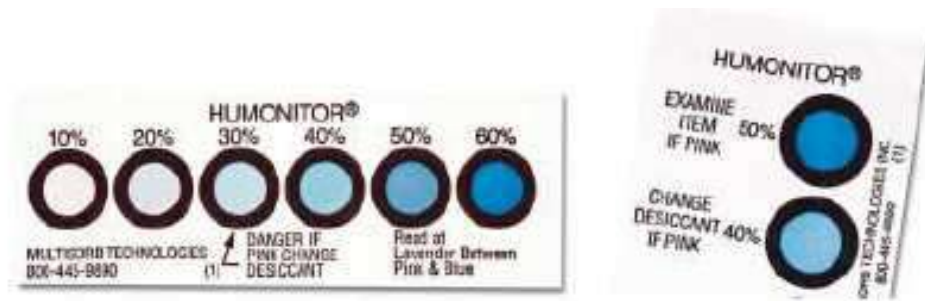


Figura 7: Indicador de humedad dentro del envase. Recuperado de [14].

Existen dos tipos de indicadores de humedad:

- ❖ Indicadores de humedad con cambios reversibles: Son aquellos que cambian de color conforme va aumentando la humedad en el ambiente y vuelven a su color original cuando se secan.
- ❖ Indicadores de humedad máxima: El color cambia cuando sufre un aumento de humedad significativo, indicando que el producto ha sobrepasado un porcentaje de humedad umbral y la posibilidad de que se haya deteriorado, perdiendo sus características organolépticas.

4.2.4. Biosensores y calidad microbiológica

Estos indicadores se basan en la identificación de diferentes metabolitos volátiles generados por el crecimiento microbiano en el alimento, tales como dióxido de carbono, acetaldehído, amoníaco, alcoholes y ácidos grasos, así como a la variación de acidez (pH) debido al crecimiento microbiano. Estos dispositivos analíticos pueden arrojar resultados cualitativos o cuantitativos. Entre los sistemas de este tipo que se comercializan hoy en día podemos mencionar el Food Sentinel System, Sensor Q.s y algunos sistemas con Paladio, que reacciona con volátiles que contienen compuestos con Azufre y nitrógeno. Esta reacción genera una fluorescencia y provoca un cambio de color en la etiqueta del rosa al amarillo.

4.2.5. Indicadores de madurez

Los indicadores de madurez, frescura y vida útil podrían considerarse un caso híbrido entre los indicadores de gases y de calidad microbiológica, ya que cambia de color reaccionando con la modificación de los gases internos y los aromas emitidos por la fruta en su maduración. Por ejemplo el sensor ripeSense, mostrado en la figura 8, es inicialmente de color rojo y pasa gradualmente a naranja y finalmente a amarillo. El consumidor puede así conocer el estado de madurez de la fruta y selecciona el que desea.

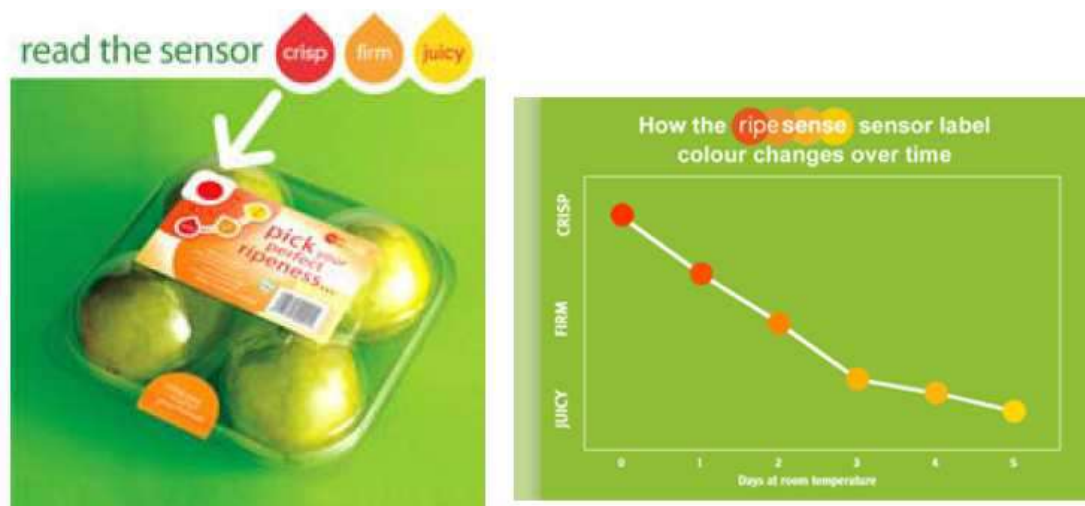


Figura 8: Indicador de madurez del producto envasado. Recuperado de [14].

5. SOLUCIONES TECNOLÓGICAS APLICADAS EN LOGÍSTICA Y EL COMERCIO INTERNACIONAL

La logística y el comercio internacional se han visto altamente impactados a partir de la aplicación de los desarrollos tecnológicos relacionados con los envases inteligentes. En particular se aplican en el proceso de distribución del producto. La trazabilidad y la garantía de que la distribución del producto se ha realizado en las condiciones adecuadas para la conservación de los alimentos son factores fundamentales que contribuyen a la mejora del nivel de servicio. Finalmente, se presentan los códigos QR como herramienta fundamental de apoyo al comercio exterior.

5.1. Trazabilidad y Optimización de Procesos Logísticos

La agencia de estandarización GS1 define trazabilidad como “la habilidad de trazar o dejar huella de los movimientos y procesos por los que pasa un determinado producto principalmente destinado al consumo humano, aunque trazabilidad es también muy aplicable al manejo logístico de almacenes, inventarios, procesos de producción de cualquier producto”. [11]

En **logística**, la **trazabilidad** se refiere a la capacidad de localizar mercancías a lo largo de la cadena de distribución, ya sea mientras se la está transportando o bien cuando se encuentra almacenado en predios logísticos. La visualización de los procesos y el almacén permite tomar decisiones certeras y eficientes con datos actualizados.

El agregado de tecnologías como el **RFID** a los envases ha mejorado sensiblemente el flujo de los productos y fundamentalmente la información asociada al mismo. Las organizaciones han mejorado sensiblemente su productividad y eficiencia luego de implementar esta tecnología para control de almacenamiento, inventario, preparación de pedidos, expedición, ventas y hasta la recepción de la mercadería por parte del cliente. Las mejoras derivan fundamentalmente de la precisión y de la inmediatez de la información suministrada.

Con la aplicación de la tecnología RFID pueden simplificarse:

- ❖ El conteo de inventarios ya que puede realizarse sólo acercando a los productos un lector especial que automáticamente los identifique y los cuente;
- ❖ la identificación de un pallet consolidado con distintas mercaderías pasando por un “arco lector” de RFID el cual puede detectar automáticamente las cantidades de cada una de éstas sin necesidad de desconsolidarlo;
- ❖ la trazabilidad y el registro de la ruta de un producto, debido a la capacidad de escritura y modificación de datos que permite esta tecnología;
- ❖ el intercambio de información con el cliente y la confirmación de recepción del producto en tiempo y forma.

La aplicación de la tecnología RFID en el control de los procesos ya sea de industrias manufactureras como de servicios es cada vez más generalizada y contribuye de manera importante a la mejora de la competitividad de las empresas.

5.2. Control de la Cadena de frío

La cada vez mayor comercialización de alimentos semielaborados y elaborados requiere una estructura logística adecuada para el almacenamiento y transporte de alimentos refrigerados y congelados. Entonces cobra vital importancia la **cadena de frío**. Una cadena de suministro con temperatura controlada que se mantiene intacta garantiza al consumidor que el producto de consumo que recibe se ha mantenido dentro de un intervalo de temperaturas durante la producción, el transporte, el almacenamiento y la venta. [14].

Los **Indicadores tiempo / temperatura** se utilizan en el pallet para garantizar que no se ha perdido la calidad o la integridad del producto durante el transporte o su manipulación. Así mismo, se reducen los tiempos de inspecciones de calidad, ya que no es necesario desarmar el pallet para tomar una muestra interna de temperatura sobre el producto.

5.3. Control del ambiente interior de un contenedor cerrado

Varias empresas que comercializan alimentos perecederos utilizan la tecnología para detectar dónde están ubicados sus camiones, las temperaturas a las que se transportan las mercancías y si los contenedores han sido manipulados. Si ocurre la manipulación, se puede saber cuándo y dónde sucede.

Para ello los vehículos suelen tener de 12 a 16 dispositivos de testeo electrónicos en el interior de los contenedores que capturan y gestionan los datos para luego remitirlos, junto con una ubicación GPS, a un servidor. [14]. Entre los dispositivos se encuentran:

- ❖ Indicadores de tiempo/temperatura,
- ❖ Indicadores de gases,
- ❖ Indicadores de humedad,
- ❖ Biosensores,
- ❖ Indicadores de madurez,
- ❖ Sellos de seguridad.

Los sellos detectan si el recinto al que están conectados se ha roto y transmiten ese estado a un lector instalado en la cabina del vehículo.

5.4. Requerimientos de Información del destino de las exportaciones

Las exportaciones Argentinas tienen como uno de sus destinos principales a la Unión Europea. La misma ha instaurado una normativa, con vigencia en 2014, que obliga a que la información adicional de los productos que se vayan a comercializar esté almacenada en bases de datos y que además esté impresa en las etiquetas. Estas etiquetas deben incluir datos tales como alérgenos, el lugar de procedencia, la cantidad de algunos de los ingredientes principales, las grasas, los azúcares, las proteínas, la sal, etc. También son necesarios otra serie de datos como las fechas y número de lote, debidos a la creciente demanda por parte de consumidores que van aumentando de manera progresiva su conciencia y responsabilidad por saber detalles de lo que compran. [28].

Todas estas razones han obligado a que los fabricantes tengan que llevar a cabo estrategias para responder a la creciente demanda de datos que cada vez de hace más grande.

El tráfico de datos va aumentando en la actualidad del packaging y esto puede traer repercusiones negativas a los niveles de producciones que realizan las cadenas que de suministro. Todo ello hace obligatorio que se utilicen herramientas de alto rendimiento y canales nuevos para la comunicación de la información de manera que se mantenga el nivel de producción; es en este aspecto donde los **códigos QR** han jugado su papel fundamental para con la transparencia y trazabilidad de los productos.

Cuando se lleva a práctica la puesta en marcha de códigos QR, este proceso resulta ser muy flexible y rápido para que los fabricantes puedan crearlos de forma directa en la línea que se encarga del etiquetado; preparando así los datos para su posterior uso a través de internet gracias a plataformas rellenas con los datos de origen que necesitarán más tarde los consumidores para analizar mediante su particular teléfono móvil Smartphone los detalles de la información requerida.

6. NUEVAS TENDENCIAS EN ENVASES ACTIVOS E INTELIGENTES

En la actualidad existe una necesidad creciente en el mercado por el aumento de la comodidad en la manipulación y preparación de los alimentos, que es sin duda alguna una tendencia universal. El refinamiento de las soluciones aumenta al mismo ritmo que las pretensiones de los clientes de los supermercados. Entre las líneas de investigación y desarrollo más avanzadas actualmente en envases, se pueden mencionar:

- ❖ Indicadores de cocción con microondas
- ❖ Cocción controlada en microondas
- ❖ Desarrollo de tintas inteligentes
- ❖ Desarrollo de envases caloríficos y refrigerantes

Como ejemplo de desarrollo de envase calorífico, en la figura 9 se puede observar la estructura interna de una lata de aluminio diseñada para calentamiento automático. En la misma se observa el recipiente interior que permite la reacción exotérmica.



Figura 9: Modelo de envase calorífico. Recuperado de [14].

El agregado de tecnología a los envases se concibe, entonces, como una forma de satisfacer las necesidades y exigencias de clientes cada vez más exigentes y se evidencia en las tendencias que se siguen en el desarrollo de las mismas.

7. RESUMEN Y CONSIDERACIONES FINALES.

El envase evolucionó a lo largo de su historia debido no sólo a los nuevos materiales que se han desarrollado y pueden aplicarse a esta función, sino también debido al cambio en las prestaciones que de él se requieren en la actualidad. En esta evolución ha pasado por diferentes etapas, desde la primera y simple función de contener al producto, incluyendo a lo sumo características de transportabilidad, hasta llegar al concepto que hoy se tiene de un envase, en el cual se incluyen funciones de interacción con el producto que contiene como así también con el consumidor.

La funcionalidad del envase ha cambiado al punto de convertirse, en muchos casos, en la pieza central del producto. La elemental contención que se esperaba de los envases tradicionales muta con los envases activos y se produce la primera fase de integración entre el producto y su envase. Los envases inteligentes representan el extremo de esa integración, convirtiéndose en sí mismos en el foco de atención. Esto no sólo se refleja en la toma de decisión de compra del consumidor, sino que interactúa socialmente con todos los actores relacionados con el producto y formando parte de su vida.

Sin duda, el sector alimenticio es el que mayores exigencias impone a las características de los envases. El dinamismo impuesto por la caducidad e inocuidad del producto, combinado con las estrategias de comercialización centradas en la imagen, las necesidades y requerimientos de los clientes, y todo potenciado por la disponibilidad de tecnología cada vez más avanzada, exigen a los productores y a toda la cadena de distribución, la implementación de nuevos servicios e información. El agregado de actividad e inteligencia a los envases se posiciona, entonces, como una de las herramientas estratégicas para cubrir las demandas de todo negocio.

Los sistemas activos pueden formar parte o no de la estructura del envase y su aplicación ya se ha generalizado, principalmente en lo referido a los envases de productos alimenticios.

Desde el punto de vista técnico, se ha podido identificar una extensa variedad de aditivos (emisores o absorbedores) que permiten generar indicadores de calidad de diversos tipos.

Asimismo se ha verificado la factibilidad técnica de aplicación de los mismos y se han presentado ejemplos concretos de implementación exitosa en mercados de consumidores con elevados estándares de exigencia. El valor del relevamiento realizado radica en la demostración empírica tanto de disponibilidad como de aplicabilidad de dichas tecnologías.

Los sistemas inteligentes constituyen una rama del envase que es completamente innovadora y ofrece interesantes oportunidades para la seguridad, calidad y conservación de los alimentos. Su funcionalidad se basa en detectar, localizar, registrar y/o comunicar información sobre el producto para influir en la toma de decisiones del consumidor. Los sistemas portadores de datos como códigos de barras, códigos QR y RFID como así también los indicadores del envase, son actualmente ampliamente utilizados como componentes determinantes en la trazabilidad del producto e indispensables a la hora optimizar el flujo logístico.

El agregado de tecnología a los envases se concibe como una forma de satisfacer las necesidades y exigencias de clientes cada vez más exigentes y se evidencia en las tendencias que se siguen en el desarrollo de las mismas.

La incorporación de conocimiento tecnológico como estrategia de **agregado de valor** es una oportunidad fundamental para resaltar a nivel internacional, la calidad de las materias primas, los sistemas de control higiénico-sanitario a lo largo de toda la cadena de valor y los sistemas adicionales de control de calidad.

8. REFERENCIAS

- [1] INTI. (2012). Envases y Embalajes. Disponible en: <http://www.inti.gob.ar/atp/pdf/cuadernilloEnvasesyEmbalajes.pdf>.
- [2] PACMAN (2013). Newsletter 11/2013 - Packaging attivo e intelligente: innovazioni per il futuro. [Envasado Activo e inteligente: Innovaciones para el futuro]. Promoting attractiveness, competitiveness and internationalisation of Agro-food Clusters of the Med Area.
- [3] Hernández Ruiz, M. (2006). Evolución de los envases inteligentes en la industria alimenticia. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos34/envases-inteligentes/envases-inteligentes.shtml>
- [4] Ozdemir, M. y Floros, J.D. (2004). Active Food Packaging Technologies. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 44 (3), pp: 185-193.
- [5] Rooney, M. (1995). Chap. 4: Active Packaging in Polymer Films. Active Food Packaging, Chap. 5, pp:74-110. Edited Rooney, M.L. Blackie Academic and Professional, London, ISBN: 978-0-7514-0191-2
- [6] Catalá, R. (2010). Envasado activo. Aplicación en la industria alimentaria. Disponible en:

- http://benasque.org/2010fronterastalim/talks_contr/063Envasado_activo-_Benasque-alumnos.pdf
- [7] BION Bioconservación – Productos: Sachets ETHYL STOPPER. Recuperado de <http://www.bioconservacion.com/es/sachets-w-ethyl-stopper>.
 - [8] Comparativa de maduración. Recuperado de <https://falete04.wordpress.com/tag/sistemas-absorbentes/>.
 - [9] Kerry, J.P., O'Grady, M.N. y Hogan, S.A. (2006). Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. *Meat Science*, 74, pp: 113-130.
 - [10] Sorrentino A., Gorrasi, G. y Vittoria V. (2007). Potential perspectives of bio-nanocomposites for food packaging applications. *Trends in Food Science & Technology* 18, 84-95.
 - [11] GS1 Argentina. Identificación mediante códigos bidimensionales. (2016). Disponible en: http://www.gs1.org.ar/SOL_bidimensionales.asp
 - [12] Industry Association [Asociación de la Industria de embalajes activos e inteligentes]. (2015). Disponible en: <http://www.aipia.info/>
 - [13] IAE, Instituto Argentino del Envase (2015). Disponible en: <http://www.packaging.com.ar/>
 - [14] AIPIA, NEWS: Africa Looks to RFID for Improved Cool Chain Security. (2017). Disponible en: <https://www.aipia.info/news-Africa-Looks-to-RFID-for-Improved-Cool-Chain-Security-753.php>
 - [15] GS1 Perú. La importancia de los códigos QR en las etiquetas. (2017). Disponible en: <http://innovasupplychain.pe/articulos/12082-la-importancia-de-los-codigos-qr-en-las-etiquetas>
 - [16] Barbanti D. (2013). *Packaging Attivo e Intelligente: Innovazioni per il Futuro*. (Dipartimento di Scienze degli Alimenti, Università di Parma).
 - [17] Brody, A., Strupinsky, E. y Kline, L. (2009). *Active Packaging for Food Applications*, CRC Press.
 - [18] Comisión Europea. (2009). Reglamento (CE) n° 450/2009 - Materiales y objetos activos e inteligentes destinados a entrar en contacto con alimentos.
 - [19] FAO. (2011). Informe de la Reunión Conjunta FAO/OMS de Expertos acerca de la aplicación de la nanotecnología en los sectores alimentario y agropecuario: posibles consecuencias para la inocuidad de los alimentos. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i1434s.pdf>
 - [20] Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Argentina. Observatorio Virtual Agroindustrial. Disponible en: www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/observatorio/observatorio/observa_03.htm
 - [21] Pavelková. A. (2012). Time Temperature indicators as Devices intelligent packaging. (*Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*).
 - [22] Smith, J.P., Ramaswamy, H.S. y Simpson, B.K. (1990). Developments in food packaging technology. Part II. *Trends in Food Science & Technology*, 1, pp: 111-178.
 - [23] ITENE Valencia, Instituto Tecnológico del embalaje, Transporte y Logística. (2008). *Envases Inteligentes*. Disponible en: http://www.acenvex.com/documentacion/ENVASES_INTELIGENETES_RFID.pdf
 - [24] De Kruijf, N.M., Van Beest, R.R., Sipilinen-Malm, T., Paseiro, P.L. y De Meulenaer, B. (2002). Active and intelligent packaging: applications and regulatory aspects. *Food Additives & Contaminants*, 19 (4), pp: 144-162.
 - [25] AIPIA, Active and Intelligent Packaging Gutiérrez, L., Escudero, A., Batlle, R. y Nerín, C. (2010). Effect of Mixed Antimicrobial Agents and Flavors in Active Packaging Films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, pp: 8564-8571.
 - [26] Franzetti, L., Piergiovanni, L. y Galli, A. (2001). Influence of Active Packaging on the Shelf-life of Minimally Processed Fish Products in a Modified Atmosphere. *Packaging Technology and Science*, 14, pp: 267-274.
 - [27] Soares, N.F.F. y Hotchkiss, J.H. (1998). Bitterness reduction in grapefruit juice through active packaging. *Packaging Technology and Science*, 11, pp: 9-18.

Conducta innovativa de las firmas industriales de Entre Ríos

Innovación y Gestión de Productos

Blanc Rafael Lujan; Hegglin Daniel; Rodriguez Alejandra

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay

Ing. Pereyra 676. Concepción del Uruguay. Entre Ríos.

rafaellujanblanc@yahoo.com.ar

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivos por una parte caracterizar y describir a la provincia de Entre Ríos en base a diferentes variables de una base de firmas industriales de provincia que abarca datos generales como empleo, exportación, tamaño y datos específicos como conductas de I+D, presencia de doctores, esfuerzos incorporados entre otros. Por otra parte, intentará definir que variables independientes condicionan los resultados de innovación de las firmas de la provincia mediante un análisis econométrico. Se pretende explicar el estado de las empresas provinciales en cuanto a resultados de innovación, y que variables condicionan estos resultados a fin de poder a futuro desarrollar acciones que mejoren las mismas. Se busca realizar una contribución al estado de conocimiento de la provincia a fin de ayudar para futuras acciones en políticas públicas. Se comenzará con un análisis de antecedentes y bibliografía especializada a fin de justificar la elección de variables y el modelo de elección, luego se utilizará una base de datos de firmas industriales de la provincia de Entre Ríos, que originariamente se relevaron en el marco de un proyecto financiado por la Universidad Tecnológica Nacional (Argentina) que estudiaba productividad y resultados de innovación en el periodo 2011 – 2015. Dicho relevamiento se efectuó en base a encuestas presenciales y telefónicas, alcanzando el total de 131 casos sobre un universo de 1520 firmas identificadas en base a información secundaria de Cámaras Empresariales, datos provinciales y del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de la República Argentina. La misma, busco ser representativa a tres niveles, sectorial, geográfico y de tamaño de firmas a fin de poder hacer inferencias de la provincia en base a los datos de la muestra. Con ella se realizará una serie de análisis de frecuencias relativas, tablas personalizadas y correlaciones para describir el comportamiento de la misma. En base a estos resultados se realizará las conclusiones en base a los objetivos del estudio. Si bien no se ha concluido el trabajo se puede adelantar que de la muestra el 47,5% ha innovado en producto, el 37,9% en proceso, el 30,2% en organización y finalmente el 25,0% en comercialización. A partir de análisis preliminares se ha establecido la importancia de variables como: capacitación, compra de máquinas y equipos y hardware y software en los resultados de innovación de las firmas de la muestra.

Palabras Claves: Innovación, Entre Ríos, Investigación y Desarrollo, Esfuerzos.

ABSTRACT

The present work aims to characterize and describe the province of Entre Ríos based on different variables of a base of provincial firms that covers general data such as employment, export, size and specific data such as R & D behaviors, Presence of doctors, incorporated efforts among others. On the other hand, it will try to define that independent variables condition the results of innovation of the firms of the province through an econometric analysis. It is intended to explain the state of provincial companies in terms of innovation results, and that variables condition these results in order to be able in the future to develop actions that improve them. It seeks to contribute to the state of knowledge of the province in order to help for future actions in public policies. It will begin with a background analysis and specialized bibliography in order to justify the choice of variables and the model. A database of industrial firms from the province of Entre Ríos will be used, which was originally relayed within the framework of a project financed by the National Technological University (Argentina) that studied productivity and innovation results in the period 2011 - 2015. This survey was carried out based on face-to-face and telephone surveys, reaching a total of 131 cases in a universe of 1520 firms identified. Based on secondary information from Business Chambers, provincial data and the Ministry of Labor, Employment and Social Security of the Argentine Republic. The same, I seek to be

representative at three levels, sectoral, geographical and size of signatures in order to be able to make inferences of the province based on the data of the sample. With it will be made a series of analysis of relative frequencies, personalized tables and correlations to describe the behavior of the same. Based on these results the conclusions will be made based on the objectives of the study. Although the work has not been completed, it can be anticipated that 47.5% of the sample has innovated in product, 37.9% in process, 30.2% in organization and finally 25.0% in marketing. Starting from preliminary analyzes, the importance of variables such as training, purchase of machines and equipment and hardware and software in the innovation results of the signatures of the sample has been established.

Key words: Innovation, Entre Rios, Research and Development, Efforts.

1. INTRODUCCIÓN Y MARCO DE REFERENCIA

La provincia de Entre Ríos es la séptima provincia de Argentina de acuerdo a su PBG (producto bruto geográfico) que asciende en 2014 a valores constantes del año 2004, un valor de \$22.605,14 millones de pesos (Dirección General de Estadística y Censos Provincia de Entre Ríos). Siendo sus principales sistemas productivos los relacionados a producción Avícola, Cerealero (arroz), Forestal, Frutícola (cítrica), Ganadero (bovino) y finalmente Turismo (Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la República Argentina). Participa con el 2,2% del total Nacional de exportaciones obteniendo así el puesto 6 a nivel país, sus principales destinos son China, Venezuela, Brasil, Chile, Resto del Mercosur y Estados Unidos. De estas exportaciones los productos más destacados por su importancia en el volumen de exportación son la Soja y los pollos congelados. Otros datos de interés para el estudio de la provincia son el gasto en actividades científicas y tecnológicas 2013 (pesos por habitante) 246,9 Gasto en investigación y desarrollo 2013 (pesos por habitante) 199,6 y cantidad de personas dedicadas a I+D 2013 1.013.

La importancia de lo anterior el (gasto en I+D) es a razón de que Entre Ríos se inserta en una economía globalizada donde el conocimiento es considerado por posiciones ortodoxas y heterodoxas como un factor de competitividad dinámica, analizar el papel que juega el capital humano, la investigación y desarrollo y capacidades en el impulso a la innovación y la productividad de las firmas en países y regiones resulta relevante; en especial para explorar las posibilidades en sectores con mayor intensidad tecnológica [1]

Desde una perspectiva de las firmas basada en la teoría de recursos y capacidades [2, 3, 4, 5] y evolucionista de capacidades dinámicas [6, 7, 8, 9] nos planteamos como objetivo, para el caso de Entre Ríos (Argentina), analizar el papel ha jugado, entre 2010 y 2014, el capital humano genérico (ingenieros, licenciados, masters y doctores) en el desempeño innovativo de las firmas industriales de su territorio, en particular en relación con las actividades de I+D, teniendo en cuenta factores intervinientes clásicos de la literatura como el tamaño, exportaciones, calidad y la intensidad tecnológica.

Los estudios sobre la relación el capital intelectual en el ámbito empresarial son diversos en cuanto a enfoque teórico y factores analizados [10, 11], en nuestro caso nos centramos, en uno de sus componentes, el papel de capital humano y su relación con la innovación [12]. La literatura especializada ha planteado diversas contribuciones sobre el papel de lo cognitivo e intangibles en los procesos y resultados de las innovaciones, como así también en la productividad y performance general de las firmas [10, 12].

Conforme a esta perspectiva organizacional, el capital intelectual fue desarrollado inicialmente en el ámbito de las prácticas empresariales y la consultoría, y recientemente ha adquirido relevancia en el ámbito académico y de investigación, relacionando diversas áreas de interés como los estudios sociales, económicos y de la administración. Los consensos iniciales de los diversos estudios reconocen que el capital intelectual implica a una serie de componentes intangibles, tales como: el capital humano, el capital organizacional o estructural y el capital relacional o social.

En la visión evolucionista sobre las firmas basadas en rutinas [6, 7, 9] y capacidades dinámicas [8], se reafirma el carácter sistémico de los diferentes factores relacionados con los procesos cognitivos de las firmas en relación con componentes internos y con el ambiente que definen su identidad en base a conocimientos y reglas [13]. Las capacidades dinámicas, en tanto emergentes que definen un núcleo estratégico diferenciador de cada firma respecto a otras y por ende de difícil imitación, interrelacionan a nivel organizacional a las: actividades de I+D, las de desarrollo de productos y procesos, la transferencia de tecnología, la organización de la producción, los recursos humanos, y los procesos de aprendizaje.

Algunos autores consideran que en los estudios de las firmas desde la perspectiva de las capacidades dinámicas no se han logrado diferenciar los niveles de factores que intervienen en las mismas, llevando a un plano homogéneo las relaciones de las habilidades y capacidades internas y externas a las firmas que son considerados en los procesos de creación, reconfiguración y cambios de rutinas e innovaciones llevadas a cabo por estas [14]. De ahí que recuperan ciertos aportes que consideran múltiples niveles para analizar las capacidades dinámicas; fundados en supuestos sobre el carácter heterogéneo y específico de las trayectorias de las firmas, sus modalidades organizacionales y de toma de decisiones, las rutinas y ventajas competitivas como así también su relación con el tipo de entorno donde se dinamizan.

Para algunos autores los estudios sobre capital intelectual fueron el antecedente para los estudios de innovación, mientras que para otros la innovación es un producto de los recursos y capacidades intangibles implícitos en los componentes del mismo. Ahora bien, la relación entre capital intelectual (y sus diferentes componentes) con la innovación y su impacto en la performance de las firmas ha sido una interrelación poco explorada o con límites difusos [15,

16, 17]. Si comprendemos a su vez, que los aportes teóricos sobre capital intelectual encontraron articulación en el enfoque evolucionista sobre capacidades dinámicas (que hemos especificado en el apartado anterior como posibilidad teórica “puente”), y partimos de asumir el supuesto de la multiplicidad de factores heterogéneos que inciden en la performance innovativa de una empresa.

Por capital intelectual humano o capital humano, se entiende a los conocimientos tácitos y/o codificados que poseen las personas que componen una organización, como así también la habilidades y competencias capaces de hacer que estos conocimientos sean utilizados por la misma. El mismo puede incluir valores, comportamientos, actitudes, nivel educativo, educación formal, capacitación, experiencias, capacidades, saber hacer, entre otros indicadores [18, 19].

El capital humano se da en un contexto organizacional que es clave para el desarrollo de las capacidades dinámicas a nivel de las firmas producto de los procesos de aprendizaje organizacional de diferentes tipos [20, 21]. La acumulación de capital humano específico que implica aprendizajes organizacionales donde se adquieren y generan conocimientos en base a la trayectoria y dotación existente de capacidades y rutinas [22, 23]

Entre estas capacidades y rutinas se encuentran los esfuerzos incorporados y desincorporados como son la capacitación del personal la compra de maquinaria, hardware, software enlatado y/o a medida, las actividades de diseño ya sea a nivel industrial como comercial que vinculan con la presencia de equipos (I+D) y con la existencia de recursos humanos que tienen incidencia en performance innovativa de las firmas.

Existen una serie de factores que en el contexto de nuestro estudio serán considerados como contextuales para el análisis de la relación entre Capital Humano (genérico), I+D y performance innovativa como son el tamaño la certificación de normas de calidad. A continuación, se plantea la metodología utilizada y las principales variables del estudio.

2. METODOLOGÍA

La muestra de firmas fue seleccionado conforme a criterios estadísticos (muestra probabilística proporcional estratificada), geográficos (mayor concentración de firmas en departamentos de la provincia) y técnicos (se seleccionó empresas industriales dados los requerimientos de estudios previos a nivel internacional y nacional sobre conducta tecnológica y capacidad innovativa) sobre un universo esperado para el momento de la misma de 1520 firmas industriales en la provincia.

El tamaño de la muestra fue de 131 empresas (con criterio de corte de más de 10 ocupados) distribuidas proporcionalmente en los departamentos de: Paraná 36,6%, Concordia 14,5%, Gualeguaychú 10,7%, Concepción del Uruguay 9,9%, Colón 7,6%, Federación 4,6%, Diamante 3,1%, Gualeguay 3,1%, La Paz 2,3%, Nogoyá 2,3%, San Salvador 1,5%, Victoria 1,5%, Villaguay 1,5%, y Tala 0,8%.

La distribución en estratos fue conforme a la división de ramas de actividad a 2 dígitos según el CLANAE 2010. En cuanto al período considerado para el estudio de las conductas tecnológicas de las firmas, la configuración de sus capacidades innovativas y aplicación de tecnologías de gestión se tomó el comprendido entre los años 2011 y 2015. Para realizar este análisis de las firmas industriales de la provincia de Entre Ríos, se realizó una encuesta en forma telefónica entre los meses de agosto y diciembre del año 2015 con un formulario con preguntas cerradas y semi cerradas diseñadas a fin de poseer datos generales de la firma, recursos humanos, rutinas de I+D e innovación.

2.1. Variables del Estudio:

Clanae: corresponde a la clasificación del rubro de actividad de acuerdo al CLANAE 2010 a dos dígitos.

Tamaño: es una variable continua de acuerdo a la cantidad de empleados que tiene la firma. A su vez se segmenta en niveles de acuerdo a la cantidad de empleados Microempresa: de 0 a 10 empleados, Pequeña: de 11 a 50 empleados, Mediana: de 51 a 200 empleados y por último Grande: más de 200 empleados. Estos niveles fueron ajustados a la realidad del tamaño de las firmas industriales de la provincia de Entre Ríos.

Exportación: es una variable binaria que toma valor 1 si la firma exporta y 0 en caso contrario.

Doctores: es una variable binaria que representa el capital humano genérico y que toma valor 1 si la firma cuenta con doctores entre su personal y 0 en caso contrario.

Ingenieros y licenciados: es una variable binaria que representa el capital humano genérico y que toma valor 1 si la firma cuenta con ingenieros o licenciados entre su personal y 0 en caso contrario.

Nivel Tecnológico: es una variable de clase que clasifica los CLANAE 2010 de acuerdo a su intensidad tecnológica en base a CEPAL [24]. **Nivel Bajo:** Elaboración De Productos Alimenticios, Elaboración De Bebidas, Fabricación de Productos Textiles, Producción de Madera y Fabricación de Productos de Madera y Corcho, Fabricación de Papel y de Productos de Papel, Fabricación de Muebles y Colchones y Construcción de Edificios y sus Partes. **Nivel medio bajo:** Fabricación de Productos de Caucho y Plástico, Fabricación de Productos Minerales no Metálicos, Fabricación de Metales Comunes, Fabricación de Productos Elaborados de Metal y Fabricación de Sustancias y Productos Químicos. **Nivel Medio Alto:** Fabricación de Maquinaria y Equipos Eléctricos N.C.P., Fabricación de Maquinaria y Equipo N.C.P., Fabricación de Vehículos Automotores, Remolques y Semirremolques y Servicios de Programación y Consultoría Informática **Nivel Alto:** Fabricación de Sustancias y Productos Químicos y Fabricación de Productos Farmacéuticos, Sustancias Químicas

I+D: es una variable binaria que toma valor 1 si la firma realizó investigación y desarrollo durante el año 2014 y 0 en caso contrario.

Continuidad I+D: es una variable de clase que toma tres niveles alta si la empresa realizó i+d desde 2007 a 2014, media si la empresa realizó I+D desde 2011 a 2014, y no en caso de que no haya continuidad en la i+d.

Bienes de capital: es una variable binaria que toma valor 1 si la firma realizó inversiones e bienes de capital durante el año 2014 y 0 en caso contrario.

Hardware: es una variable binaria que toma valor 1 si la firma adquirió hardware y equipos informáticos durante el año 2014 y 0 en caso contrario.

Software a Medida: es una variable binaria que toma valor 1 si la firma adquirió desarrollos de software para la empresa durante el año 2014 y 0 en caso contrario.

Software Enlatado: es una variable binaria que toma valor 1 si la firma adquirió software comercial no customizado durante el año 2014 y 0 en caso contrario.

Capacitación externa: es una variable binaria que toma valor 1 si la firma contrató empresas de formación de personal durante el año 2014 y 0 en caso contrario.

Optimización de equipos: es una variable binaria que toma valor 1 si la firma invirtió en optimización de equipos ya sea por personal propio o de terceros durante el año 2014 y 0 en caso contrario.

Marketing y diseño de packaging: es una variable binaria que toma valor 1 si la firma invirtió en marketing y diseño comercial durante el año 2014 y 0 en caso contrario.

Diseño Industrial: es una variable binaria que toma valor 1 si la firma hizo actividades relacionadas con el diseño industrial durante el año 2014 y 0 en caso contrario.

Consultorías: es una variable binaria que toma valor 1 si la firma invirtió en consultorías de terceros durante el año 2014 y 0 en caso contrario.

Certificaciones: es una variable binaria que toma valor 1 si la firma realizó certificaciones de normas de calidad desde 2012 a 2014 y 0 en caso contrario.

Licencias y Patentes: es una variable binaria que toma valor 1 si la firma hizo uso de licencias o desarrollo o rentó patentes durante el año 2014 y 0 en caso contrario

Innovación Producto: es una variable binaria que toma valor 1 si la firma realizó innovaciones en producto durante el año 2014 y 0 en caso contrario.

Innovación Proceso: es una variable binaria que toma valor 1 si la firma realizo innovaciones en proceso durante el año 2014 y 0 en caso contrario.

Innovación Servicio: es una variable binaria que toma valor 1 si la firma realizo innovaciones en servicio durante el año 2014 y 0 en caso contrario.

Innovación Comercialización: es una variable binaria que toma valor 1 si la firma realizo innovaciones en comercialización durante el año 2014 y 0 en caso contrario.

Innovación Organización: es una variable binaria que toma valor 1 si la firma realizo innovaciones en organización durante el año 2014 y 0 en caso contrario.

3. RESULTADOS

La muestra tiene una presencia superior de empresas de fabricación de alimentos y productos de madera y corcho esto coincide con la distribución de ramas de actividad de la provincia en las cuales se destacan la manufactura de productos primarios.

Tabla 1 *Distribución por rubro de la muestra*

Clanae	%
Elaboración De Productos Alimenticios	32,1
Producción De Madera Y Fabricación De Productos De Madera Y Corcho	16,8
Fabricación De Maquinaria Y Equipo N.C.P.	9,9
Fabricación De Vehículos Automotores, Remolques Y Semirremolques	7,6
Fabricación De Productos Elaborados De Metal	5,3
Fabricación De Productos De Caucho Y Plástico	4,6
Servicios De Programación Y Consultoría Informática	4,6
Elaboración De Bebidas	3,1
Fabricación De Papel Y De Productos De Papel	3,1
Fabricación De Productos Minerales No Metálicos	3,1
Fabricación De Productos Farmacéuticos, Sustancias Químicas	2,3
Fabricación De Muebles Y Colchones	2,3
Fabricación De Sustancias Y Productos Químicos	1,5
Fabricación De Productos Textiles	0,8
Fabricación De Metales Comunes	0,8
Fabricación De Maquinaria Y Equipos Eléctricos N.C.P.	0,8
Construcción De Edificios Y Sus Partes	0,8

Fuente: elaboración propia.

La muestra se compone del 23,7% de microempresas, el 47,3% de pequeñas, el 17,6% de medianas y finalmente el 11,5% de grandes empresas. En cuanto a donde se posicionan las grandes empresas, las misma se encuentran sobre todo en los sectores de producción de alimentos, bebidas, químicos y farmacéuticos. Las pequeñas empresas tienen una distribución más uniforme en los sectores dándose algunos sectores que solo poseen este tamaño de firmas como son los textiles, metales comunes, construcción de edificios y obras de ingeniería civil. A continuación, se detallan todos los datos de la relación de tamaño y rubro de las empresas.

Tabla 2 *Distribución por rubro y tamaño de la muestra*

Clasae / Tamaño	Microempresa	Pequeña	Mediana	Grande
Elaboración de productos alimenticios	12%	48%	21%	19%
Elaboración de bebidas	0%	0%	75%	25%
Fabricación de productos textiles	0%	100%	0%	0%
Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho	41%	50%	5%	5%
Fabricación de papel y de productos de papel	25%	75%	0%	0%
Fabricación de sustancias y productos químicos	0%	50%	0%	50%
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas	0%	67%	0%	33%
Fabricación de productos de caucho y plástico	17%	50%	17%	17%
Fabricación de productos minerales no metálicos	100%	0%	0%	0%
Fabricación de metales comunes	0%	100%	0%	0%
Fabricación de productos elaborados de metal	29%	43%	14%	14%
Fabricación de maquinaria y equipos eléctricos n.c.p.	0%	0%	100%	0%
Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	31%	54%	15%	0%
Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	20%	50%	20%	10%
Fabricación de muebles y colchones	33%	0%	67%	0%
Construcción de edificios y sus partes	0%	100%	0%	0%
Obras de ingeniería civil	0%	100%	0%	0%
Servicios de programación y consultoría informática y actividades conexas	33%	50%	17%	0%

Fuente: elaboración propia.

De las empresas entrevistadas, el 39,7% exporta y el 60,3%, en relación al tamaño de las firmas las exportadoras se concentran en los tamaños superiores (medianas y grandes empresas) habiendo solo 16,1% de exportadoras al nivel microempresas (firmas con menos de diez empleados).

Tabla 3 *Distribución por tamaño y exportación de la muestra*

Exporta / Tamaño	Microempresa	Pequeña	Mediana	Grande
Si	16,1%	30,6%	65,2%	86,7%
No	83,9%	69,4%	34,8%	13,3%

Fuente: elaboración propia.

El nivel tecnológico denota la presencia de mayor cantidad de firmas en baja tecnología con 59,5%, seguido por media alta tecnología 22,9% la menor cantidad de firmas se da en el nivel de alta tecnología con solo el 3,1% de los casos. A su vez, si se lo relaciona con tamaño y exportación a mayor nivel tecnológico más elevado el nivel de firmas que exportan. Observando el nivel tecnológico con relación al tamaño las empresas de altas tecnología se concentran en tamaños pequeños el 75% y grandes el 25%. Las firmas de baja tecnología se concentran sobre todo en el tamaño pequeña empresa con el 47,4% de los casos.

Tabla 4 *Distribución por nivel tecnológico, tamaño y exportación de la muestra*

Nivel Tecnológico	Baja tecnología	Media-baja tecnología	Media-alta tecnología	Alta tecnología
Microempresa	20,5%	36,8%	26,7%	0,0%
Pequeña	47,4%	36,8%	50,0%	75,0%
Mediana	19,2%	10,5%	20,0%	0,0%
Grande	12,8%	15,8%	3,3%	25,0%
Exporta	34,6%	31,6%	50,0%	100,0%

Fuente: elaboración propia.

El capital humano presente en las firmas en cuanto a nivel de formación refleja que el nivel promedio de formación de los operarios es de secundario completo en el 60,3% de los casos seguido por el nivel primario completo con el 30% de las firmas. Por otra parte, a nivel formación superior: el 7,6% posee doctores, el 7,0% nivel de magister y finalmente la presencia de licenciados e ingenieros se da en el 57,3% de los casos. Se observa que los doctores se concentran en las firmas de mayor tamaño y de mayor nivel tecnológico, por su parte los ingenieros e licenciados se hallan sobre todo en las pequeñas empresas y de baja tecnología. En contraste solo se encuentra personal idóneo en empresas micro de baja tecnología.

Tabla 5 Distribución por nivel tecnológico, tamaño y nivel de formación de los RRHH

	Nivel promedio formación operarios					Presencia de		
	Idóneo	Primario	Secundario	Terciario Técnico	Universitario	Ingenieros Licenciados	Masters	Doctores
Microempresa	100,0%	18,4%	25,3%	22,2%	25,0%	10,7%	11,1%	0,0%
Pequeña	0,0%	60,5%	40,5%	44,4%	75,0%	46,7%	33,3%	50,0%
Mediana	0,0%	15,8%	20,3%	11,1%	0,0%	22,7%	11,1%	0,0%
Grande	0,0%	5,3%	13,9%	22,2%	0,0%	20,0%	44,4%	50,0%
Baja tecnología	100,0%	76,3%	60,8%	0,0%	0,0%	54,7%	55,6%	50,0%
Media-baja tecnología	0,0%	10,5%	16,5%	22,2%	0,0%	12,0%	11,1%	10,0%
Media-alta tecnología	0,0%	13,2%	22,8%	44,4%	75,0%	28,0%	22,2%	0,0%
Alta tecnología	0,0%	0,0%	0,0%	33,3%	25,0%	5,3%	11,1%	40,0%

Fuente: elaboración propia.

La relación entre tamaño y nivel tecnológico y la presencia no de actividades de investigación y desarrollo, denota que las micro y pequeñas empresas son las que tienen menor nivel de investigación y desarrollo, y donde se dan los menores horizontes temporales en estas actividades. Por su parte, el nivel tecnológico bajo y medio bajo poseen un comportamiento similar de escasa actividades de I+D y continuidad de las mismas, este comportamiento se revierte cuando observamos las empresas alta tecnología y de gran tamaño donde la presencia de I+D es la norma y en general con ciclos largos de inversión.

Tabla 6 Distribución por nivel tecnológico, tamaño y conductas de investigación y desarrollo

	I+D		Continuidad I+D		
	Si	No	Alta	Media	No
Microempresa	9,7%	90,3%	0,0%	6,5%	93,5%
Pequeña	22,6%	77,4%	4,8%	6,5%	88,7%
Mediana	26,1%	73,9%	13,0%	4,3%	82,6%
Grande	73,3%	26,7%	53,3%	13,3%	33,3%
Baja tecnología	17,9%	82,1%	9,0%	5,1%	85,9%
Media-baja tecnología	15,8%	84,2%	10,5%	0,0%	89,5%
Media-alta tecnología	43,3%	56,7%	13,3%	13,3%	73,3%
Alta tecnología	100,0%	0,0%	25,0%	25,0%	50,0%

Fuente: elaboración propia.

Los resultados del periodo estudiado muestran que la principal innovación fue la de producto 45,8%, seguido por la de proceso 37,4%, organización 30,5%, comercialización 23,7% y finalmente con la menor frecuencia servicios 9,2%. La mayor frecuencia de innovaciones se da a mayor tamaño de firma sobre todo a nivel de grandes y medianas empresas. En el caso de innovación en producto y proceso en relación al nivel tecnológico se ve una distribución similar, aunque los máximos se colocan en alta tecnología. Un caso atípico es la innovación en organización la cual se concentra en las firmas de baja tecnología, la innovación menos alcanzada en el periodo estudiado es la de nuevos servicios ya sea nivel tamaño como a intensidad tecnológica.

Tabla 7 Distribución *por nivel tecnológico, tamaño de los resultados en innovación*

	Innovación Producto	Innovación Procesos	Innovación Servicios	Innovación Comercialización	Innovación Organización
Microempresa	25,8%	25,8%	12,9%	16,1%	19,4%
Pequeña	46,8%	32,3%	3,2%	29,0%	32,3%
Mediana	52,2%	43,5%	13,0%	8,7%	30,4%
Grande	73,3%	73,3%	20,0%	40,0%	46,7%
Baja tecnología	41,0%	34,6%	5,1%	20,5%	33,3%
Media-baja tecnología	42,1%	47,4%	10,5%	26,3%	26,3%
Media-alta tecnología	56,7%	36,7%	20,0%	30,0%	30,0%
Alta tecnología	75,0%	50,0%	0,0%	25,0%	0,0%

Fuente: elaboración propia.

Se observa que la presencia de I+D en las firmas innovadoras supera el 30% en todos los tipos de innovación, destacándose la innovación en servicios donde las firmas que realizan I+D llegan al 50%. Por otra parte, las firmas innovadoras presentan en muchos casos desarrollos y rutinas que se mantienen en el tiempo (continuidad I+D)

Tabla 8 Distribución de firmas de la muestra por I+D y resultados en innovación

	Innovación Producto	Innovación Procesos	Innovación Servicios	Innovación Comercialización	Innovación Organización
I+D	38,3%	38,8%	50,0%	41,9%	30,0%
Continuidad I+D (Media)	10,0%	8,2%	8,3%	6,5%	5,0%
Continuidad I+D (Alta)	20,0%	18,4%	16,7%	19,4%	12,5%

Fuente: elaboración propia.

El 93,1% de las firmas realizaron compras de bienes de capital en el periodo estudiado siendo este el esfuerzo que se da con mayor frecuencia, seguido por la compra de Hardware, Capacitación y Optimización de equipos. Se destaca la escasa inversión en patentes y licencias lo cual es probable que este condicionado por el bajo nivel tecnológico de las firmas de la muestra.

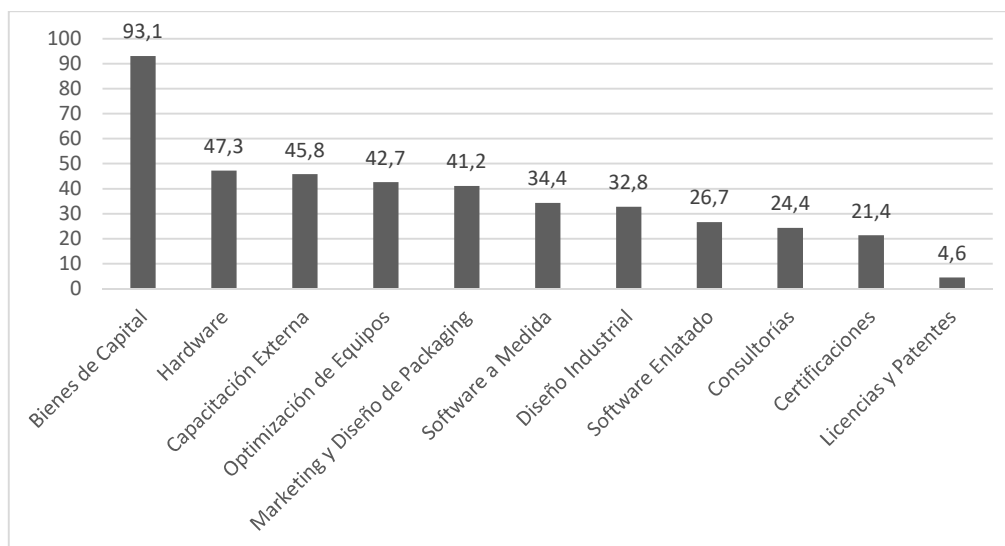


Figura 1 Distribución de frecuencias de esfuerzos en innovación

Fuente: elaboración propia.

Las correlaciones entre las variables del estudio y los resultados de innovación, denotan la importancia ingenieros y licenciados, exportación, I+D y continuidad en la misma con una relación positiva con la innovación en producto y procesos. Por su parte la innovación en servicios se encuentra relacionada positivamente con exportación, I+D y el nivel tecnológico. Es interesante destacar, el resultado de la correlación de innovación en organización que no tiene relación con las variables de la tabla 9.

Tabla 9 *Correlaciones de Kendall resultados de innovación I*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Innovación en Producto	0,002	0,14	0,114	,268**	0,068	,243**	,260**	,300**	0,135
Innovación en Procesos	0,125	,194*	0,04	,190*	0,114	,231**	,226**	,186*	0,055
Innovación en Servicios	0,092	0,108	0,018	0,114	,175*	0,058	,174*	0,063	,164*
Innovación en Comercialización	0,062	0,11	0,062	0,154	0,026	0,053	,203*	0,127	0,086
Innovación en Organización	-0,123	0,059	0,017	0,037	-0,165	0,134	0,061	0,005	-0,076

1 Nivel Promedio formación Operarios, 2 Doctores, 3 Masters, 4 Ingenieros y Licenciados, 5 Exporta, 6 Tamaño, 7 I+D, 8 Continuidad I+D, 9 Nivel Tecnológico. **. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral). Fuente: elaboración propia.

Los esfuerzos se encuentran relacionados con todos los niveles de innovación destacándose la inversión en hardware y el diseño industrial como los más frecuentes, seguidos por las certificaciones de calidad, y software a medida, Marketing y diseño de packaging. El factor con menos niveles de innovación correlacionados es el de innovación en comercialización que solo tiene relación con la capacitación externa.

Tabla 10 *Correlaciones de Kendall resultados de innovación II*

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Innovación en Producto	,189*	,325**	,206*	,241**	,304**	,257**	0,047	0,166	0,155	,231**	0,165
Innovación en Procesos	0,148	,215*	,238**	,211*	,266**	,186*	0,144	,384**	,295**	,328**	,208*
Innovación en Servicios	0,086	,176*	0,049	0,047	,285**	0,164	0,133	0,154	0,066	0,093	,310**
Innovación en Comercialización	0,009	,264**	,202*	0,151	,261**	,336**	,173*	,245**	,227**	,192*	0,136
Innovación en Organización	0,115	,235**	0,079	0,162	,243**	0,118	0,023	,265**	0,047	,220*	0,093

10 Bienes de capital, 11 Hardware, 12 Software a medida, 13 Software enlatado, 14 Diseño Industrial 15 Marketing y Diseño de packaging, 16 Capacitación externa, 17 Optimización de equipos, 18 Consultorías, 19 Certificaciones, 20 Licencias y Patentes. **. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral). Fuente: elaboración propia.

A continuación, se desarrollan las conclusiones abordadas por el trabajo.

4. CONCLUSIONES

La provincia tiene una industria dominada por la primera manufactura de productos agrícolas y ganaderos por lo cual, la muestra tiene una presencia superior de empresas de fabricación de alimentos y productos de madera y corcho. Por otra parte, la media del tamaño de las empresas es pequeña para el nivel nacional con una presencia elevada de micro y pequeñas empresas. Las grandes empresas se posicionan sobre todo en los sectores de producción de alimentos, bebidas, químicos y productos farmacéuticos. Las pequeñas empresas una distribución más uniforme en cuanto al perfil sectorial.

De las empresas entrevistadas, el 39,7% de las firmas las exportadoras y se concentran principalmente en medianas y grandes empresas. El nivel tecnológico de las firmas que se da en mayor frecuencia se da en baja tecnología con 59,5%, seguida por media alta tecnología 22,9% la menor cantidad de firmas se da en el nivel de alta tecnología con solo el 3,1% de los casos. A su vez, si se lo relaciona con tamaño y exportación a mayor nivel tecnológico más elevado el nivel de firmas que exportan, las empresas de altas tecnología se concentran en tamaños pequeños el 75% y grandes el 25%. Las firmas de baja tecnología se concentran sobre todo en el tamaño pequeña empresa con el 47,4% de los casos. Lo cual coincide con la distribución por sectores de la provincia que se basan en tecnologías maduras y de transformación de productos primarios.

La calidad de los recursos humanos de la muestra de la provincia refleja que el nivel promedio de formación de los operarios es de secundario completo en el 60,3% de los casos seguido por el nivel primario completo con el 30% de las firmas. Por otra parte, el 7,6% posee doctores, el 7,0% nivel de magister y finalmente la presencia de licenciados e ingenieros se da en el 57,3% de los casos. Se observa que los doctores se concentran en las firmas de mayor tamaño y de mayor nivel tecnológico, por su parte los ingenieros e licenciados se hallan sobre todo en las pequeñas empresas y de baja tecnología.

Las firmas micro y pequeñas son las que tienen menor nivel de investigación y desarrollo, y donde se dan los menores horizontes temporales en estas actividades, por su parte las empresas alta tecnología y de gran tamaño donde la presencia de I+D es la norma y en general con ciclos largos de inversión.

Las innovaciones se dieron principalmente a nivel producto y proceso, en las empresas de mayor tamaño. En el caso de innovación en producto y proceso y el nivel tecnológico los máximos se colocan en alta tecnología. Destaca el comportamiento de la innovación en organización la cual se concentra en las firmas de baja tecnología. La presencia de I+D en las firmas innovadoras supera el 30% en todos los tipos de innovación, las firmas innovadoras presentan en muchos casos desarrollos y rutinas que se mantienen en el tiempo (continuidad I+D)

El 93,1% de las firmas realizaron compras de bienes de capital en el periodo estudiado siendo este el esfuerzo que se da con mayor frecuencia, seguido por la compra de Hardware, Capacitación y Optimización de equipos. A su vez, estos esfuerzos se encuentran relacionados con todos los niveles de innovación destacándose la inversión en hardware y el diseño industrial como los más frecuentes, seguidos por las certificaciones de calidad, y software a medida, marketing y diseño de packaging. Por otra parte, los resultados de innovación se relacionan también con la presencia de ingenieros y licenciados, el que la empresa exporte y realice actividades I+D y continuidad en la misma sobre todo a nivel productos y procesos.

Por lo anterior, es importante profundizar políticas de incorporación de personal calificado y el fomento de la I+D, como así también el financiamiento de inversiones en esfuerzos relacionados a la innovación (hardware, diseño industrial, certificaciones de calidad, software a medida y marketing y diseño de packaging) en empresas de pequeño y mediano tamaño de transformación de productos primarios. Por otro lado, se plantea la pregunta de ¿Cómo transformar los rubros de la provincia a rubros con mayor intensidad tecnológica? y así revertir en parte el patrón de especialización en productos primarios que mantiene la provincia a fin de mejorar los niveles de innovación de la provincia y mediante esto su desempeño económico.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Lundvall, B.-Å., Joseph, K. J., Chaminade, C., & Vang, J. (2011). Handbook of innovation systems and developing countries: building domestic capabilities in a global setting. Edward Elgar Publishing.
- [2] Acedo, F. J., Barroso, C., & Galan, J. L. (2006). The resource-based theory: dissemination and main trends. *Strategic Management Journal*, 27(7), 621–636.
- [3] Andersen, O., & Suat Kheam, L. (1998). Resource-based theory and international growth strategies: an exploratory study. *International Business Review*, 7(2), 163–184.
- [4] Galbreath, J. (2005). Which resources matter the most to firm success? An exploratory study of resource-based theory. *Technovation*, 25(9), 979–987.
- [5] Nason, R. S., & Wiklund, J. (2015). An Assessment of Resource-Based Theorizing on Firm Growth and Suggestions for the Future. *Journal of Management*.
- [6] Becker, M. C. (2004). Organizational routines: a review of the literature. *Industrial and Corporate Change*, 13(4), 643–678.
- [7] Nelson, R. R. (1994). Routines. *The Elgar Companion to Institutional and Evolutionary Economics*, 2, 249–253.
- [8] Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533.
- [9] Winter, S. G., & Nelson, R. R. (1982). An Evolutionary Theory of Economic Change (SSRN Scholarly Paper No. ID 1496211). Rochester, NY: Social Science Research Network.
- [10] Dean, A., & Kretschmer, M. (2007a). Can Ideas be Capital? Factors of Production in the Postindustrial Economy: A Review and Critique. *Academy of Management Review*, 32(2), 573–594.
- [11] Martín-de-Castro, G., Delgado-Verde, M., López-Sáez, P., & Navas-López, J. E. (2010). Towards “An Intellectual Capital-Based View of the Firm”: Origins and Nature. *Journal of Business Ethics*, 98(4), 649–662.
- [12] Subramaniam, M., & Youndt, M. A. (2005). The Influence of Intellectual Capital on the Types of Innovative Capabilities. *The Academy of Management Journal*, 48(3), 450–463.
- [13] Dopfer, K., Foster, J., & Potts, J. (2004). Micro-meso-macro. *Journal of Evolutionary Economics*, 14(3), 263–279.
- [14] Rothaermel, F., & Hess, A. (2007). Building Dynamic Capabilities: Innovation Driven by Individual-, Firm-, and Network-Level Effects. *Organization Science*, 18(6), 898–921.

- [15] Leitner, K.-H. (2015). INTELLECTUAL CAPITAL, INNOVATION, AND PERFORMANCE: EMPIRICAL EVIDENCE FROM SMEs. *International Journal of Innovation Management*, 19(05), 1550060.
- [16] Mention, Anne-Laure. (2012). Intellectual Capital, Innovation and Performance: a Systematic Review of the Literature, 20(1), 2–37.
- [17] Wu, W.-Y., Chang, M.-L., & Chen, C.-W. (2008). Promoting innovation through the accumulation of intellectual capital, social capital, and entrepreneurial orientation. *R&D Management*, 38(3), 265–277.
- [18] Eisenhardt, K. M., & Martin, J. A. (2000). Dynamic capabilities: what are they? *Strategic Management Journal*, 21(10-11), 1105–1121.
- [19] Dimov, D. P., & Shepherd, D. A. (2005). Human capital theory and venture capital firms: exploring “home runs” and “strike outs.” *Journal of Business Venturing*, 20(1), 1–21.
- [20] Cayla, D. (2008). Organizational Learning: A Process between Equilibrium and Evolution. *Journal of Economic Issues*, 42(2), 553–559.
- [21] Zehir, C., Özdemir, E. E., Kalmuk, G., & Acar, A. Z. (2015). Proceedings of the 4th International Conference on Leadership, Technology, Innovation and Business Management (ICLTIBM-2014) The Mediating Role of Organizational Learning Capability on the Relationship Between Innovation and Firm's Performance: A Conceptual Framework. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 210, 164–169.
- [22] Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128–152.
- [23] Zahra, S. A., & George, G. (2002). Absorptive Capacity: A Review, Reconceptualization, and Extension. *The Academy of Management Review*, 27(2), 185–203.
- [24] Cepal (2003) Intensidad tecnológica del comercio de Centroamérica y la República Dominicana. Sede Subregional de la CEPAL en México (Estudios e Investigaciones)

DISEÑO DE MODELO DE MÁQUINA PARA PRODUCCIÓN DE BRIQUETAS DE HUESOS DE ACEITUNA

Quiles, Angel Ismael*; Ferro, Horacio; Boschín, Edgardo; Cerioni, Juan Jesús; Barón, Iván; Morbidelli, Ariel; Sáenz, Juan; Ríos Vizcaíno, Braulio; Rivelli, Facundo.

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Rafael. San Rafael Mendoza. Urquiza 314.

*Autor a quién la correspondencia debe ir dirigida
ingangelquiles@gmail.com*

RESUMEN.

Los residuos del sector olivícola, representan uno de los mayores problemas que aqueja el sector y como solución surge la fabricación de briquetas. La briqueta es un taco de residuos que arde con gran facilidad. Tiene forma cilíndrica, que se conserva aunque se la manipule para transportarla. La tecnología requerida para dar solución a ésta problemática es el desarrollo de una máquina destinada a la producción de briquetas que utilicen como residuo el hueso de aceituna con objeto de mejorar el rendimiento energético de este residuo y, además, como consecuencia alcanzar un producto que sea fácil de manipular.

Palabras Claves: Residuos olivícolas, máquinas de briquetas, poder calorífico.

ABSTRACT

The residues of the olive industry represent one of the biggest problem of the sector and as a solution arises the manufacturing of briquettes. The briquette is a little portion of residue that burns easily. It has cylindrical shape which is better for manipulation and transport. The required technology to solve the problem is to develop a machine to briquettes's production that uses olive's bones in order to get better energetic performance from that residue, that could be compared to carob wood.

1. INTRODUCCIÓN

La generación de residuos del sector olivícola se presenta como uno de los mayores problemas que demanda el sector. Ésta problemática, se focaliza en dos fases, tanto en la fase de producción primaria, restos de poda, como en la industrialización de la aceituna para producir aceite, el alperujo, que se define, como todo aquello que resta de la aceituna molturada, como ser: partes sólidas de la aceituna, el hueso, el mesocarpio y la piel; y restos grasos. Actualmente, una de las aplicaciones básicas de los huesos de aceitunas es su uso como combustible. Sin embargo, en los últimos tiempos el aprovechamiento directo de los mismos presenta grandes dificultades de empleo, almacenamiento y transporte. Estas dificultades han provocado la retracción del mercado consumidor, satisfecho a la vez por otros productos que no tienen dichos inconvenientes.

Bajo ésta problemática, y con el objetivo de producir briquetas para mejorar la utilización de los residuos originados a partir de los procesos productivos de la industria olivícola, se ha trabajado en el diseño de una *Máquina para Producción de Briquetas de huesos de aceituna*.

Se realizó primeramente una investigación sobre los fundamentos teóricos de las briquetadoras existentes y materiales a briquetar. Se continuó con una serie de ensayos con residuos olivícolas de industrias locales para obtener los parámetros principales para empezar a diseñar éste proyecto. Posteriormente, se realizó el diseño de la máquina y el de cada uno de sus componentes, a saber: estructura, cilindros, tolva de alimentación, etc. Una vez diseñada la forma de la máquina, se procedió al cálculo de sus componentes. Con los datos del cálculo se continuó con la selección de componentes y accesorios. Esto se hizo en base a tablas, catálogos, experiencia personal, consultas en diversos medios y con profesionales especializados en el tema, obteniendo datos que fueron de gran utilidad para lograr y concretar los diseños de cada una de las partes de la máquina, quedando así listo para su construcción. Finalmente, se plantearon conclusiones y recomendaciones que serán de gran utilidad para otros estudiantes que requieran información sobre este tema.

1.1. Información adicional.

El trabajo se presenta dentro del área temática Innovación y Gestión de Productos.

2. ANTECEDENTES

Tanto a nivel nacional como internacional, existen compactadoras para resolver las necesidades de la gestión de residuos; sin embargo, estos diseños constructivos no están conformados para la aplicación correcta, de acuerdo a la granulometría y características que presentan los residuos a tratar.

No obstante, existen antecedentes concretos de obtención de briquetas a partir de huesos de aceituna. A mediados del año 2010, un equipo de investigadores desarrolló un proyecto homologado según disposición SCYT N° 51/10 denominado "Biomasa de Residuos Agroindustriales y Forestales como energías alternativas", con el objeto de aprovechar la biomasa regional como recurso energético. El resultado de esta experiencia concluyó en que el material regional biomásico más adecuado por sus características propias, es el proveniente de la industria aceitera. Cabe señalar que dichas muestras fueron enviadas al INTI (Instituto Nacional Tecnología e Industria) para certificar las propiedades físico/químicas de las mismas. De acuerdo a esta certificación, se alcanzó un producto con un poder calorífico que ronda entre las 4.500 y 5000 Kilocalorías. Éste resultado es más que satisfactorio si se lo compara, por ejemplo, con el poder calorífico de la leña de algarrobo, que oscila entre las 4.000 y 5.000 Kilocalorías. En esta etapa el procesamiento para fabricar las briquetas, fue un procedimiento totalmente manual, utilizando como equipos de trabajo una matriz normalizada y una prensa universal.

Como hipótesis de trabajo, se partió de la existencia de tecnología a nivel mundial principalmente y, en menor medida, a nivel nacional, pero con elevados costos y que no resultan de aplicación para el material biomásico con el que se pretende trabajar en este desarrollo.

Se estudiaron las variables que inciden en el desarrollo tecnológico propiamente dicho, investigando aquellos aspectos que condicionan el entorno que lo puedan afectar. En cuanto a las características iniciales y particulares del diseño a trabajar, se buscó que el modelo de la máquina de briquetas alcance un producto por medio de la compresión de la materia prima. La fuerza de compresión es generada por medio de cilindros hidráulicos de simple y doble efecto, dispuestos en la misma

dirección pero en sentido contrario. Además, el cilindro de doble efecto, debe efectuar la carga del material y de la expulsión de la briqueta conformada. Mientras que el cilindro de simple efecto actúa solamente como “tapón” en el caño conformador, en el proceso de la obtención de la briqueta.

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1. Briqueteado

El proceso de briqueteado consiste en la creación de cuerpos semirrígidos, sometiendo al material granulado o previamente triturado, a elevadas presiones de compactado dentro de un molde en máquina denominada briqueteadora.

3.2. Briqueteadoras

Las briqueteadoras son máquinas que transforman los materiales triturados o previamente triturados, en briquetas de alta densidad, dando grandes beneficios como:

- a. Incrementar la eficiencia y el uso como en este caso del material biomásico proveniente de la industria olivícola.
- b. Reducción del transporte por la reducción del volumen.
- c. Reducción del costo de manipulación.
- d. Reducción de áreas, disponibles para el material.
- e. Mejora otros procedimientos posteriores.

Las briqueteadoras son de varios tipos: manuales, hidráulicas, mecánicas etc. Desarrollar una briqueteadora depende de varios factores:

- a. Volumen de material a transportar.
- b. La forma requerida de la briqueta.
- c. El propósito con las briquetas.
- d. El tipo de material a briquetear.

3.3. Residuos olivícolas

La industria olivícola es una actividad importante en la provincia de Mendoza. Al respecto, la aceituna puede ser utilizada para la extracción de aceite de oliva o para aceituna en conserva. Ambas industrias generan residuos que, en grandes volúmenes y sin un manejo adecuado, pueden ser fuente de contaminación.

La extracción del aceite puede llevarse a cabo mediante el sistema tradicional de prensado o bien mediante métodos continuos por centrifugación de dos o tres fases. En los métodos de tres fases se obtiene, además del aceite, un residuo líquido denominado alpechín y un residuo sólido llamado orujo. En el sistema de dos fases se obtiene un residuo semisólido denominado alperujo. Los residuos de la industria aceitera poseen grandes cantidades de materia orgánica formada por celulosa, hemicelulosa, lignina, ácidos grasos y compuestos fenólicos. Por otra parte, para la obtención de aceituna de mesa de manera industrial se usa hidróxido sódico al 2 %, generando un vertido altamente alcalino.

4. DESARROLLO DE MÁQUINA PARA PRODUCCIÓN DE BRIQUETAS DE HUESOS DE ACEITUNA.

En el mercado industrial existen una gran variedad de máquinas briqueteadoras, para diversos materiales metálicos, no metálicos y en especial, para alimentos de animales, etc., pero no existen para materiales con las características particulares como las que presentan los restos de la industria olivícola, de acuerdo a los datos que nos arrojaron informes de la empresa ABYPER, tecnologías para la reducción de volumen y reciclaje, luego de entrevistas que realizamos con personal de ésta empresa.

4.1. Diseño y características de forma de la briqueta

La briqueta es un taco de residuos, que arde con gran facilidad. Tiene forma cilíndrica, y se conserva aunque se la manipule para transportarla. Esta forma, se consigue mediante la compresión del material biomásico, sin la necesidad de emplear ningún agente aglutinante. La briqueta se forma por prensado de elementos de pequeña granulometría cuya humedad no sobrepasa el 15% (en el orden del 9% es lo más apropiado).

4.2. Máquina para Producción de Briquetas de Huesos de Aceituna

La máquina briquetadora es una apuesta para las energías renovables; su desarrollo contribuye a la generación de productos que se ajustan a iniciativas de obtención de energía a partir de la aplicación de material biomásico, y utilizan, como insumo, biomasa regional.

Este diseño ha estado proyectado a efectos de producir un total de 80 kilos por hora, a través de un proceso de compresión de unos 10 hp de potencia. Con estas características de producción se estará satisfaciendo los requerimientos que ofrece una máquina briquetadora de bajo costo del mercado.

4.3. Objetivo

El objetivo de este trabajo es diseñar una máquina para producir briquetas de huesos de aceitunas, y cubrir la necesidad que se tiene en la industria con respecto al tratamiento de éstos residuos, y por otro lado, contribuir con políticas vinculadas al desarrollo sostenible del medio ambiente, promoviendo el uso de biomasa regional.

Otra impronta que se le atribuye a este proyecto es que la tecnología se basa en tres aspectos:

1. Utilización de recursos locales para su fabricación
2. Operatividad y mantenimiento sencillo.
3. Poco o cero impacto negativo en el ambiente, ya que no lo contamina ni destruye.

4.4. Metodología aplicada al proyecto

- a) Investigar sobre los distintos modelos de máquinas briquetadoras para diversos materiales, y así tener una mejor idea de la máquina que se proyecta construir.
 - b) Determinar los parámetros necesarios para el diseño: características físicas del material a briquetar (residuos de la industria olivícola), fuerza de compresión, producción en horas, forma de la briqueta, pesos, etc.
 - c) Realizar bosquejos de la máquina que se quiere diseñar.
 - d) Realizar bosquejos de los componentes y partes de la máquina.
 - e) Hacer los cálculos de cilindros, determinando diámetro de las briquetas y dimensiones de los cilindros.
 - f) Hacer cálculos de estructura.
 - g) Hacer cálculos de soldadura que se va a aplicar en toda la máquina.
 - h) Realizar esquemas generales de la máquina y los planos de detalle de sus partes con las medidas calculadas, dejando así listo los planos para su construcción.
- Bajo esta metodología se procedió con el diseño del prototipo de la máquina conformadora de briquetas de huesos de aceituna, lo que arrojó como resultado lo siguiente:

4.5. Diseño y cálculo de la conformadora de briqueta

4.5.1. Consideraciones generales de diseño:

- Contar con tolva para contener la materia prima.
- Conformar briquetas con forma de cilindro.
- Cámara cilíndrica de compresión acorde a la matriz de ensayo.
- Estructura óptima.
- Operatividad sencilla.
- Mantenimiento reducido.
- Rendimiento aceptable.
- Producción mínima: 80 kg de briquetas por hora.
- Potencia estimada: 10hp.

4.5.2 Modelo seleccionado:

- Conformador de briqueta en extrusor, en forma lineal intermitente.
- La fuerza de compresión es generada por un actuador lineal hidráulico.
- Para optimizar el sistema hidráulico y aumentar la producción se colocan dos extrusores, a ambos lados del actuador.

4.5.3 Secciones de la conformadora de briqueta

- Tolva para materia prima.
- Agitador.
- Extrusores.

- Cilindro hidráulico doble vástago.
- Bomba hidráulica.
- Motor principal.
- Válvulas hidráulicas.
- Conductos hidráulicos.
- Depósito de aceite.
- Tablero eléctrico de comando.
- Estructura.

4.6. Principio de funcionamiento

La materia prima utilizada debe tener una humedad aproximada entre el 9% y el 15% para poder ser conformada en briquetas sin necesidad de ningún tipo de aditivos o aglutinantes. Luego de varios ensayos, encontramos que la presión óptima para la conformación de las briquetas se encuentra en el orden de los 180 bar. Es importante mencionar que a mayores presiones no varía la calidad de la briketa.

La materia prima ingresa desde la tolva en la cámara de carga, donde será compactada por el movimiento de un cilindro hidráulico de doble vástago, con lo cual tendremos dos bocas extrusoras ubicadas en los extremos de la máquina, con el fin de mejorar la productividad.

En la puesta en marcha de la máquina, las bocas extrusoras deberán estar tapadas para lograr la compresión inicial de la materia prima. En régimen, la misma fuerza de rozamiento de la briketa conformada, permitirá la conformación constante de la briketa al compactar el resto de la materia prima que se agregue. Las dimensiones del producto final dependerán de la longitud a la que se seccione la briketa en la salida de la boca extrusora.

En la Figura 1 se observan diferentes vistas del diseño de la conformadora de briquetas como así también un detalle de las cámaras de carga y descarga.

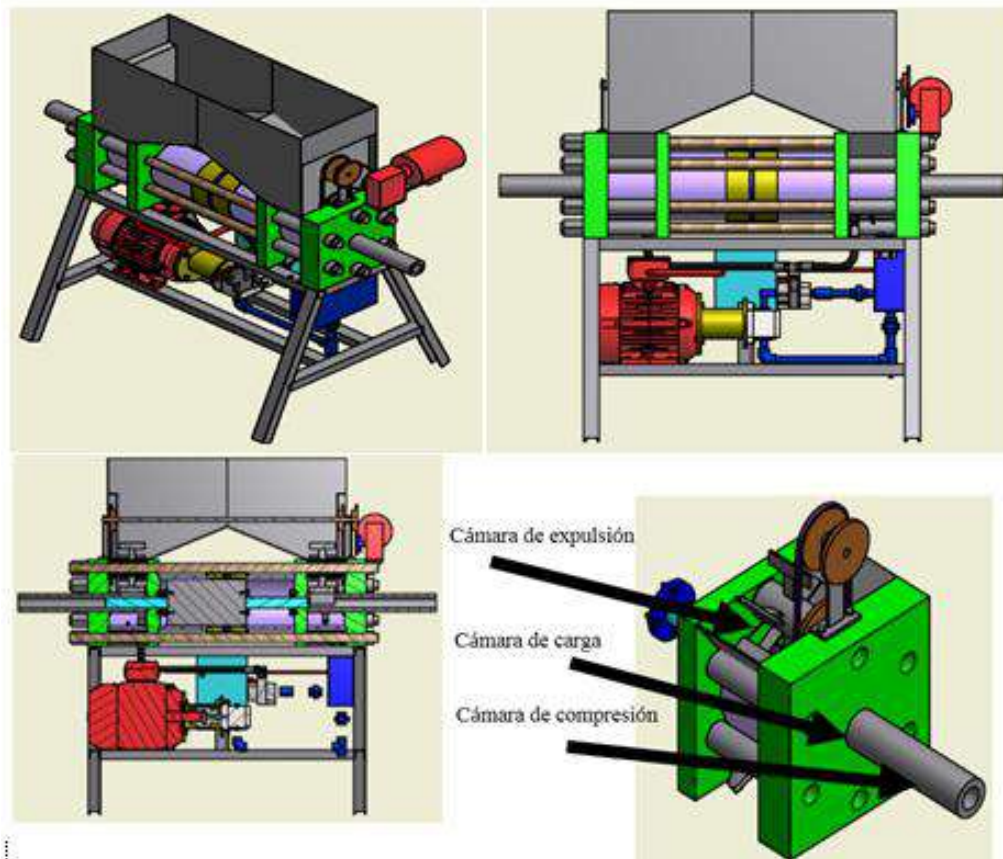


Figura 1. Vistas del diseño

5. CONCLUSIONES

En la provincia de Mendoza se encuentran registradas alrededor de 138 empresas olivícolas, distribuidas principalmente en el Gran Mendoza con un 62% y en los departamentos de San Martín,

Rivadavia y Junín, que concentran el 21%. El resto se encuentran distribuidas en los departamentos del norte y sur de la provincia. A tal efecto, desde una mirada ambiental-económica, la fabricación de briquetas de huesos de aceitunas se presenta como una solución efectiva, vinculada a la reutilización de un desecho que puede transformarse en un producto con valor comercial razonable. Y desde una mirada de impacto social, es un proyecto que tiene un enorme potencial que beneficiaría a la población a través de la generación de nuevos puestos laborales.

Los resultados y conocimientos adquiridos en el presente proyecto han sido material de base para las distintas especialidades de las Carreras de ingeniería de nuestra Facultad, y en otras disciplinas como energía, medio ambiente, entre otras.

En este sentido, los datos obtenidos del proyecto podrán servir como punto de partida para futuras iniciativas de desarrollo de energías alternativas en pos del desarrollo regional sustentable, en el marco de la investigación científica aplicada.

6. CONTRIBUCIONES DEL PROYECTO

6.1. Contribuciones al Avance Científico -Tecnológico. Transferencia al medio.

En lo que respecta a los aportes al medio, se tuvieron en cuenta, aspectos tecnológicos, ambientales, jurídicos e institucionales.

En principio se estudiaron alternativas tecnológicas factibles de ser utilizadas junto con los análisis de los beneficios de su implementación.

Tanto para la ejecución de los estudios e investigaciones proyectadas, como en el desarrollo tecnológico alcanzado, se logró la participación de un equipo de trabajo, potenciando acciones que han implicado el desarrollo de capacidades de los recursos humanos involucrados en el tema, en los aspectos de metodologías de búsqueda, de desarrollo tecnológico, de trabajo en equipo, de transferencia, etc.

Por otro lado, con la ejecución de este proyecto se desea contribuir en el desarrollo de prácticas dirigidas a lograr un óptimo potencial en la producción de residuos olivícolas biomásicos y una consciente recolección de los mismos.

En definitiva, se espera que el proyecto se reproduzca y multiplique, a través de la visita de otros a conocer el modelo en funcionamiento, como así también ver la tecnología que se ha aplicado.

Como herramienta de cálculo se utilizó un software específico (MATHCAD) y como herramienta de diseño un Soft de 3D (Autodesk Inventor).

6.2. Contribuciones a la Formación de Recursos Humanos.

El proyecto se ha desarrollado en el marco de las actividades de investigación propuestas por el Consejo Asesor del CIDER (Centro de Investigación y desarrollo) de la Facultad Regional San Rafael, ya que involucró actividades entre docentes, graduados y estudiantes investigadores, quienes desde sus propias disciplinas contribuyeron con el desarrollo del proyecto.

Además, debe destacarse la inserción de la Universidad en el medio productivo e industrial regional, potenciando las actividades de investigación en la solución de problemáticas locales.

Indirectamente el proyecto ha consolidado aspectos que promueve la Facultad Regional San Rafael de Investigación en diferentes áreas y/o grupos promovidos desde la Secretaría de Ciencia y Tecnología de nuestra Regional:

- Grupo de Estudios Ambientales.
- Centro de Investigación y Desarrollo Regional.
- Grupo de Estudios de Tecnología de Materiales.
- Vinculación de la facultad con otros sectores de la comunidad.

Por último, y no menos importante, este trabajo, aporta a los conocimientos y la capacitación a los interesados en proyectos de energías alternativas, prestadores de servicios e interesados en el cuidado del medio ambiente, articulados con el uso de la biomasa regional específicamente.

8. REFERENCIAS

Gerard Kiely. Ingeniería ambiental fundamento, entorno, tecnología y sistema de gestión (2004).

Tolosana Esteban Eduardo (2010).Manual Técnico Para El Aprovechamiento y Elaboración de Biomasa Forestal.

Mayer Michela, Varga, Attila, Breiting Soren, Mogensen Finn (2003). Educación para el desarrollo sostenible. Tendencias divergencias y criterios de calidad.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Taller Metalúrgico del Señor Manuel Ferro, quien desinteresadamente prestó sus instalaciones para desarrollar los ensayos. A la escuela Ejercito de Los Andes N° 4-117 y a la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Rafael.

MEDICIONES DE SATISFACCIÓN DEL CLIENTE MEDIANTE TÉCNICAS DE TEXT MINING

Alonso, Sebastian*; Bonoli Escobar, Mariano; Picasso, Emilio

Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires

CP: C1127AAR.

Alon.Sebastian@gmail.com

MBonoli@gmail.com

EmilioPicasso@gmail.com

Resumen

En un mercado competitivo como el de telefonía móvil en Argentina, las compañías implementan estrategias para obtener nuevos clientes (provenientes de otras empresas) y retener su cartera actual de usuarios. En este contexto, toma importancia la medición de la satisfacción del cliente como instrumento de gestión. Para ello, las compañías suelen utilizar encuestas, pero también es posible medir el “humor” de los usuarios sobre las redes sociales.

Un interrogante que se plantea es si los resultados que se obtienen con el análisis de las redes sociales son equivalentes a los obtenidos en las encuestas. Esto permitiría reemplazar las técnicas tradicionales, reduciendo los costos asociados a la encuesta y permitiendo una mayor frecuencia en el seguimiento de estos indicadores. En el presente trabajo se explora esta relación.

Para realizar el estudio se utiliza información de dos períodos de tiempo: 2014 y 2017. Los datos empleados provienen de dos fuentes: encuestas de satisfacción en el mercado de telefonía móvil en 2014 y 2017 aportadas por el Grupo de Estadística Aplicada (FIUBA) y 169379 mensajes totales emitidos sobre Twitter por usuarios, mencionando a las distintas empresas de este mercado en los mismos períodos en los cuales se realizaron las encuestas.

Se encontró correlación entre los puntajes resultantes de las encuestas y aquellos obtenidos de Twitter para ambos períodos de tiempo. Se rechazó mediante un test de hipótesis que esta correlación sea nula y se observó que entre 2014 y 2017 las mediciones evolucionaron de forma no proporcional.

Se espera que el conocimiento generado complementa a aquel obtenido mediante barómetros de satisfacción ya que esta metodología no logra capturar la variedad de preguntas que componen una encuesta, pero debido a su escaso costo, se torna en un instrumento de alta frecuencia de potencial utilidad en la industria.

Palabras Clave: Satisfacción; Redes Sociales; Text Mining; Sentiment

Abstract

In a competitive market like that of mobile telecommunications in Argentina, companies implement strategies to obtain new customers (switching from a different company) and reduce their own churn rate. In this context, customer satisfaction measuring is of utmost relevance as a management instrument. Therefore, companies frequently use polls or satisfaction barometers, but the user's "humor" can also be measured from social networks.

The main question that arises is whether the results obtained by analyzing social networks are equivalent to those obtained from polls. This would allow it to replace traditional techniques, reducing costs associated with polling and allowing a greater frequency for these KPIs (Key Performance Indicators). This work explores the correlation between the scores obtained from polls and the humor registered on social networks.

To perform the study, information from two time periods is used: 2014 and 2017. The data comes from two sources: satisfaction polls in the mobile telecommunications market in 2014 and 2017 are provided by the Grupo de Estadística Aplicada (FIUBA) and 169379 total messages published on twitter by users, mentioning one or more of the different companies in this market in the same time periods as the polls, are retrieved.

Strong correlation between the scores obtained from polls and those obtained from the social network is found for both time periods. The hypothesis that the correlation is null is rejected through a hypothesis test and it is observed that between 2014 and 2017 the measurements evolved in a non-proportional way.

We hope that the knowledge generated complements that obtained through satisfaction barometers since this methodology cannot capture the variety of questions that make up a poll, but considering it's low cost, it becomes a potentially useful high frequency instrument for the industry.

Key words: Satisfaction; Social Network; Text Mining; Sentiment

1. INTRODUCCIÓN

1.1 El mercado de Telefonía Móvil

En los años 80 aparecieron los primeros celulares, que surgen como alternativa a las comunicaciones por teléfono cableado, agregando el componente móvil como propuesta de valor. Estos se desarrollaron durante las décadas subsiguientes para alcanzar su máximo boom en la década del 2000, coincidiendo con el desarrollo de la informática. En la actualidad, el mercado de las telecomunicaciones se encuentra desarrollado en la mayoría de nuestro planeta. Además, hoy en día los teléfonos móviles incorporan otras funcionalidades, más allá de la original, brindando la capacidad de tomar fotografías o de acceder a internet, abriendo así la puerta a las aplicaciones de correo electrónico, mensajería, acceso a las redes sociales, etc.

Actualmente market share de las telecomunicaciones se encuentra repartido entre Movistar (32%), Personal (32%), Claro (33%) y Nextel (3%) [1]. Se trata de un mercado oligopólico donde 3 empresas controlan en conjunto el 97% del mercado, aunque se trata de un mercado competitivo donde estas 3 compañías controlan virtualmente la misma proporción de este mercado, en un estado de equilibrio. Además, la telefonía móvil es un mercado con altas barreras de ingreso, ya que se requieren grandes cantidades de capital para instalar la infraestructura necesaria, sobre todo considerando la extensión de nuestro país. Es por esto que el gobierno nacional regula el sector con el objeto de aumentar la competencia y mejorar el servicio de forma tal que los ciudadanos obtengan la mejor oferta disponible, tanto de servicio como de precio. Un ejemplo de esto es la "ley de portabilidad numérica" puesta en funcionamiento a partir de 2012, la cual permite que los clientes mantengan su número de teléfono a la hora de cambiar su proveedor de servicio, con el objetivo facilitar la transferencia de consumidores entre los distintos operadores. Para 2017 se espera una nueva reglamentación que apunte a reducir aún más esta fricción, acelerando el proceso y realizándolo a través de internet. Otro instrumento para aumentar la competencia dentro del mercado es la habilitación de Operadores Móviles Virtuales (MVNO según sus siglas en inglés), compañías de telefonía móvil que no cuentan con una concesión de espectro de frecuencia y carecen de infraestructura de radio. Por ello recurren a otras empresas que si cuentan con esta inversión para tener acceso a la tecnología y dedicarse a la comercialización del servicio. En Argentina hay 2 de estas empresas: NUESTRO, propiedad de FECOSUR (Federación de Cooperativas del Servicio Telefónico de la Zona Sur Limitada) y TUENTI (ex QUAM), propiedad de Telefónica de Argentina. Además, es necesario marcar que esta modalidad no es propia de Argentina, sino que se encuentra en actividad en todo el mundo, con cientos de operadores móviles virtuales.

De acuerdo con el INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos), en Argentina hay 62.5 millones de líneas de telefonía móvil en servicio (datos 2015), es decir 1,5 celulares en servicio por cada argentino. Se trata de un mercado saturado de equipos. Ante esta situación, para no perder mercado, las compañías aplican estrategias con el fin de:

- Obtener nuevos clientes (provenientes de otras compañías)
- Retener su cartera actual de clientes

En este contexto, toma importancia la medición de la satisfacción y lealtad de los usuarios. Para ello las empresas realizan encuestas periódicas, donde miden tanto la satisfacción de los usuarios como los drivers que la generan y medidas de lealtad, como por ejemplo el NPS (Net Promoter Score). Evidencia de esto es que desde el año 2004 ACSI (American Customer Satisfaction Index) realiza mediciones en este sector de forma anual, evaluando: rango de planes, calidad de llamada, cobertura, velocidad de datos, cortesía del staff de atención al cliente, entre otros.

Además, últimamente se encuentran en desarrollo técnicas que permitan medir la satisfacción y lealtad a través de fuentes no tradicionales de datos, como comentarios y opiniones hechos por los usuarios en distintas redes sociales. Estas metodologías de análisis se encuentran en pleno desarrollo y podemos agruparlas bajo el término Text Analytics o Text Mining.

1.2 La relevancia de la satisfacción

De acuerdo a Kotler [2], "La satisfacción es el conjunto de sentimientos de placer o decepción que se genera en una persona como consecuencia de comparar el valor percibido en el uso de un producto (o resultado) contra las expectativas que se tenían." De esta forma, si lo percibido es más pobre que lo esperado, la satisfacción será baja. Si son magnitudes comparables, el cliente se encontrará satisfecho.

Si la realidad supera a la expectativa, el cliente se encontrará muy satisfecho o complacido. Surge entonces la pregunta: ¿Cómo se forman las expectativas de los compradores? De acuerdo con Kotler, las expectativas se producen a partir de experiencias de compra previas, consejos de amigos y colegas, y la información y promesa de las empresas y sus competidores.

Esta medición es sumamente relevante porque les permite a las empresas agregar a su tablero de comando un KPI (Key Performance Indicator), que no evalúa la performance hacia adentro, sino que evalúa cómo la compañía se desempeña puertas afuera y cómo es percibida por el cliente. Se trata de una herramienta que le permite al cuerpo ejecutivo aumentar el valor de vida del cliente. De acuerdo a Fornell [3] una mayor satisfacción del cliente se asocia a rendimientos bursátiles superiores y menor volatilidad, algo que todo ejecutivo desea para las acciones de su compañía.

1.3 Redes sociales

Junto al nuevo milenio llegaron las redes sociales, páginas web en donde las personas interactúan con un fin plenamente social, comparten opiniones, fotos y otros. Dentro de estas se destaca "Twitter" por el uso particular que tiene. Dentro de esta plataforma los usuarios pueden escribir mensajes públicos de hasta 140 caracteres llamados "tweets". A medida que la red social evolucionó, twitter se convirtió en un espacio en donde expresar opiniones, por ejemplo, habiendo sido fundamental en el comienzo de la primavera árabe en 2010 al punto que el gobierno de Egipto bloqueó el acceso a esta red para intentar frenar un fenómeno social. Se puede mencionar también el rol fundamental en las campañas de Obama en Estados Unidos, o en la actualidad del presidente Trump, para quien twitter se ha convertido en el canal preferido para comunicarse con la gente.

Pero no sólo ha tenido implicancias políticas sino también comerciales. Twitter se ha convertido en un espacio para la interacción entre usuarios y marcas en todo el mundo, incluyendo la Argentina y el mercado de las telecomunicaciones. Todas las operadoras argentinas de telefonía móvil cuentan hoy con un perfil en twitter que actúa de canal bidireccional entre empresa y usuarios. Movistar utiliza @MovistarArg, Personal @PersonalAr, Claro tiene @ClaroArgentina y Nextel emplea @NextelAR, donde los primeros 3 son mencionados en tweets miles de veces por día, lo que se traduce en un caudal de información enorme.



Figura 1 Ejemplos de Tweets negativos y positivos

Para tener noción de la cantidad de información de la que se está hablando, en promedio durante el 2016 se escribieron 500 millones de tweets por día a nivel mundial. A 85.6 caracteres promedio (según una muestra del 2017 realizada a los fines de este trabajo) y 10 caracteres por palabra, se están generando más de 4280 millones de palabras por día. Es fundamental entender la escala de la que se habla porque en ella, un pequeño problema de insatisfacción del usuario puede tornarse viral y obtener

un impacto muy superior al pensado en una primera instancia. Por este motivo, toma relevancia para las marcas el cuidado de este canal y atender lo que en éste se manifiesta.

A los fines de la medición de la satisfacción del cliente, resulta esta una fuente abundante de información barata y como tal es de interés investigar métodos para su explotación y la validación de los resultados obtenidos. La principal dificultad, es que estos datos son desestructurados, es decir no se trata de números que podamos emplear en una ecuación.

1.4 Lenguaje Natural, NLP y Sentiment

En lingüística o en filosofía del lenguaje, "Lenguaje Natural" es aquel que evoluciona naturalmente entre las personas por uso y repetición, sin planeamiento ni diseño premeditado. Esto contrasta con lenguajes formales como aquellos en los que se programa una computadora o el que se emplea para desarrollar lógica y matemática. Es en este contraste que yace el impedimento inmediato para la explotación de datos no estructurados como aquellos que se encuentran sobre las redes sociales. Esta incompatibilidad de formas es la que dificulta la interpretación estadística de los datos, y allí surge la disciplina de Natural Language Processing (NLP).

El Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP) o Text Mining es un campo moderno de la ciencia de la computación y la lingüística computacional que trabaja sobre la extracción de significado de un texto de lenguaje natural. Este campo comprende gran variedad de técnicas, resultando Sentiment Analysis de particular interés para este trabajo. Esta metodología nos permite estudiar el contenido subjetivo y la opinión del usuario al cuantificar la polaridad del sentiment o el grado de positividad/negatividad del documento. Se trata de un problema de clasificación binaria entre dos clases "positivo" y "negativo" o la asignación de un punto en un espectro continuo entre estos dos extremos para cada uno de los documentos bajo estudio. Esto cuenta con múltiples implementaciones posibles como Support Vector Machines (SVM), Regresiones Logísticas o Árboles de Decisión.

1.5 Estado del conocimiento

Durante la última década se ha producido un gran avance sobre las técnicas para aprovechar estas fuentes de datos y su aplicación en la comprensión de las interacciones de los clientes con los productos o servicios. Pournarakis et al. [4] propone la medición de la satisfacción del cliente mediante análisis de texto en redes sociales en el mercado norteamericano de telefonía móvil aplicado a 2 compañías: AT&T y Verizon. Este estudio se hace sobre esa única variable y en un único punto del tiempo (febrero 2013), luego compara los resultados obtenidos contra aquellos obtenidos mediante metodologías tradicionales, encontrando cierta relación. A su vez, muestra la eficacia del algoritmo Support Vector Machine para esta tarea, alcanzando una precisión que ronda el 90%. Xiang et al. [5] aplica técnicas de análisis de texto a datos obtenidos del sitio Expedia.com en donde los usuarios publican críticas sobre el servicio provisto por distintos hoteles. A su vez introduce al análisis la puntuación en "estrellas" (en escala de 0-5) que los usuarios brindan además del texto de la crítica propiamente dicha y estudian su interacción. Vidya et al. [6] utiliza este tipo de metodologías al estudio de mensajes de Twitter para calcular la reputación neta de las marcas (Net Brand Reputation) en el mercado de la telefonía móvil en Indonesia. La medición la realiza sobre 5 productos (3G, 4G, SMS, Llamadas de Voz y Servicios de Internet) en un único punto en el tiempo. Entre sus resultados más interesantes se encuentra la falta de correlación entre el Net Brand Reputation calculado y el Net Promoter Score.

El trabajo aquí presente busca avanzar el conocimiento al continuar la tendencia del estudio de múltiples variables y ampliarlo a 2 puntos en el tiempo, agregando así una componente dinámica a la relación entre las dos fuentes de datos.

2. METODOLOGÍA

2.1 Recolección de datos

Para establecer la existencia de una relación entre los resultados que arroja una encuesta y aquellos obtenidos mediante técnicas de text mining, se trabajó con dos fuentes de datos. El Grupo de Estadística Aplicada (FIUBA) provee la información recolectada en una encuesta de satisfacción del cliente de telefonía móvil en mayo del 2014 y aquella recolectada en junio del 2017.

A su vez, se extrae de Twitter aquellos Tweets que mencionan a las 3 compañías mayores de telefonía móvil de Argentina (@MovistarArg, @ClaroArgentina, @PersonalAr), tanto durante el periodo Mayo-Junio del 2014 como en Mayo-Junio del 2017 ya que se entiende que estas magnitudes no varían en el corto plazo y es de interés obtener los datasets de mayor tamaño posible para que estos no se vean sesgados por fenómenos esporádicos de las redes sociales. Los datos se limitan a estas 3 compañías considerando que otros proveedores como Nextel o Quam no cuentan con un volumen suficiente de interacciones con sus clientes sobre redes sociales.

2.2 Limpieza de datos

Probablemente el paso más laborioso de la metodología es aquel en que el analista limpia el dataset para llegar a aquel del que se puedan extraer conclusiones relevantes.

El primer paso es corroborar que aproximadamente el 50% de los Tweets que mencionan a cada compañía es emitido por la propia compañía (cada compañía tiene una proporción diferente), no reflejando entonces opinión alguna del consumidor. Estos deben ser removidos.

Luego se realiza un estudio de palabras de alta frecuencia en búsqueda de términos que no se encuentren vinculados al tema servicio, cada vez que se halle una palabra poco usual, se realiza una búsqueda de Tweets que la contengan para entender sobre qué hablan los clientes y su relación real al servicio provisto. Por ejemplo, para la compañía Movistar en 2014 se encontraron los siguientes términos poco esperados: "movistarfreemusic", "beatnik", "voté". El primero de estos es el nombre de un festival de música que auspicia la compañía, el que no está vinculado con el servicio provisto. A su vez, la empresa sostuvo votaciones online para elegir aquellas bandas musicales participantes sobre un sistema conocido como "beatnik", que alentaba a los clientes a escribir en Twitter "voté" y una mención a la banda en cuestión.

Finalmente, luego del proceso de limpieza, se trabajó con la siguiente información

Tabla 1 Tamaño de los datos

	Cantidad de Encuestas		Cantidad de Twitter	
	2014	2017	2014	2017
Claro	84	79	23170	11783
Movistar	167	132	51946	14718
Personal	104	78	49169	18593

Resulta de interés observar los distintos tamaños en los datos provenientes de Twitter. Esto se debe a una reducción del caudal de mensajes que se publican sobre esta red social, debido a menor uso por parte de los usuarios. Sin embargo, estas cantidades resultan suficientes para realizar el análisis.

2.3 Clasificación

A los fines de comparar resultados en una variedad de categorías se empleó la técnica *Term as Topic*. Se realizó un estudio de palabras de alta frecuencia, para encontrar aquellas que se podrían emplear para generar tópicos comparables con preguntas del cuestionario de ambas encuestas de la metodología. Separando palabras genéricas ("el", "de", "para", etc.) y comparando con aquellas preguntas que podemos encontrar en los cuestionarios se definieron las siguientes 5 categorías:

- Señal/Cobertura
- Internet
- Planes
- Problema/Atención online
- Recomendación (NPS)

En la primera categoría entran aquellas personas que hablan de "señal" ("cobertura" no es una palabra frecuente) y se comparará con las preguntas de acuerdo/desacuerdo sobre "Buena cobertura de telefonía en todos lados" y "Buena cobertura de internet, todo el tiempo en todos lados". La segunda categoría contendrá aquellos Tweets que mencionen la palabra "internet" y se comparará con las preguntas de acuerdo/desacuerdo sobre "El servicio de internet es rápido" y "El servicio de internet no se corta". La tercera categoría contendrá aquellos tweets que contengan las palabras "plan" y "planes" y se compararán con las preguntas de acuerdo/desacuerdo sobre "Ofrece planes adecuados para mí". La cuarta categoría estará vinculada a la resolución online de distintas problemáticas de los clientes, allí estarán los tweets que contengan la palabra "problema" y se comparará con las respuestas de acuerdo/desacuerdo a la pregunta "La atención a través de redes sociales es rápida y efectiva". La quinta categoría es la que requiere una comprensión de mayor profundidad. En una primera aproximación al trabajo, la intención fue buscar correlación entre la respuesta a la pregunta "¿Qué tan satisfecho está en general?" y el sentiment global expresado por los clientes que interactúan con la marca sobre la red social. Sin embargo, el presente trabajo propone la interpretación del sentiment global como una medida de recomendación, y no de satisfacción. Esto es sencillo de comprender si entendemos la naturaleza netamente social de la plataforma Twitter y cuán público y abierto todo el contenido allí publicado es. En el momento que un usuario interactúa con una compañía sobre twitter, todos sus allegados y el público en general tienen acceso al contenido de los mensajes. Es más, es un acto deliberado del usuario que el conflicto con la marca o el elogio hacia ésta sea público. Sobre ese marco se propone vincular el sentiment global con la pregunta "¿Qué tan probable es que recomiende a la empresa a sus amigos o compañeros?", también conocida como NPS (Net Promoter Score).

De esta forma, lo que se correlaciona es la evaluación (puntaje) obtenido en la encuesta con el sentiment obtenido de los mensajes de Twitter. A continuación, se muestra que pregunta de la encuesta se contrasta con que concepto buscado sobre Twitter.

Tabla 2 Preguntas de la encuesta y Concepto medido en Twitter

Pregunta en la encuesta	Concepto Twitter
Buena cobertura de telefonía en todos lados	Señal
Buena cobertura de internet, todo el tiempo en todos lados	
El servicio de internet es rápido	Internet
El servicio de internet no se corta	
Ofrece planes adecuados para mí	Plan; Planes
La atención a través de redes sociales es rápida y efectiva	Problema
"¿Qué tan probable es que recomiende a la empresa a sus amigos o compañeros?"	Global

2.4 Extracción del Sentiment

Considerando que el desarrollo del algoritmo no se encuentra dentro del alcance del trabajo, los puntajes se obtuvieron a través del servicio NLP de Google Cloud. El proceso, que duró alrededor de 10hs para cada dataset (2014 y 2017), nos devuelve los datasets en el siguiente formato: "Tweet", Sentiment y Magnitude.

Tabla 3 Ejemplo de Tweets Negativos

Tweet	Sentiment	Magnitude
@movistararg es malísimo el servicio de internet a la mínima velocidad, no me manda mi los wsp, una mierda	-0.9	0.9
su internet y su servicio son una caca @movistararg	-0.5	0.5

Tabla 4 Ejemplo de Tweets Positivos

Tweet	Sentiment	Magnitudo
ninguna duda! la atencion excelente y el celular es increible! gracias x hacer estas promociones!	0.8	0.8
se comunicaron desde @movistararg y solucionaron mi reclamo. mil gracias	0.6	1.2

La primera de estas variables es el texto que se envió para evaluar, la segunda de ellas es el Sentiment evaluado en una escala de -1 a 1 con pasos discretos de 0.1 y la tercera de ellas mide la magnitud de emocionalidad que se encuentra en el texto en una escala teórica de 0 a $+\infty$. Esta última variable es útil para desambiguar algunos casos, por ejemplo, un texto con Sentiment = 0 puede tener poco contenido emocional, caso en el cual Magnitude = 0, o puede tener partes iguales de contenido positivo y negativo, caso en el cual Magnitude > 0.

Tabla 5 Ejemplos de sentiment y magnitudo

	Sentiment	Magnitudo
Claramente Positivo	0.8	1.2
Claramente Negativo	-1.3	1.2
Neutral	0	0
Mixto	0	4

Luego de evaluados los sentiment para cada uno de los tweets de la muestra limpia, se clasifican sobre las categorías descritas en el punto anterior (2.3) en función de aquellas palabras que contienen, y se calcula el promedio de cada una de estas clases. Luego se las transforman a escala 0-10 mediante la siguiente ecuación.

$$X' = (X + 1) * 5 \quad (1)$$

3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Luego de todas las cuantificaciones previamente explicadas, se obtienen las siguientes tablas:

Tabla 6 Puntajes encuestas y puntajes sentiment Twitter: 2014

Encuesta	Internet	Señal	Problema	Recomendación	Planes
Claro	4.354	4.422	4.872	4.719	5.153
Movistar	3.413	3.764	4.957	4.349	4.688
Personal	3.654	3.963	4.462	4.519	4.849

Twitter	Internet	Señal	Problema	Recomendación	Planes
Claro	3.415	3.641	3.981	4.078	4.021
Movistar	3.419	3.659	3.858	3.974	3.784
Personal	3.331	3.494	3.856	3.950	3.728

Tabla 7 Puntajes encuestas y puntajes sentiment Twitter: 2017

Encuesta	Internet	Señal	Problema	Recomendación	Planes
Claro	5.305	4.820	6.339	6.494	5.442
Movistar	4.826	5.133	6.218	5.958	5.026
Personal	4.514	4.285	5.200	5.309	4.885

Twitter	Internet	Señal	Problema	Recomendación	Planes
Claro	3.424	3.642	4.129	4.203	4.079
Movistar	3.242	3.638	3.988	4.207	3.679
Personal	3.529	3.528	3.937	4.039	3.483

3.1 Sesgo negativo

Lo primero que se puede observar de los datos es el sesgo negativo que se observa en los datos que provienen de Twitter. Esto se interpreta considerando que un usuario tiende más a la queja por un servicio insatisfactorio que al alago por un servicio satisfactorio. Esto también se puede observar en la distribución del Sentiment, así como se puede observar el desplazamiento hacia la positividad en todas las compañías. Es de interés notar también el pico en comentarios neutros, lo que se explica por los usuarios realizando consultas sobre el servicio, sin contenido positivo/negativo.

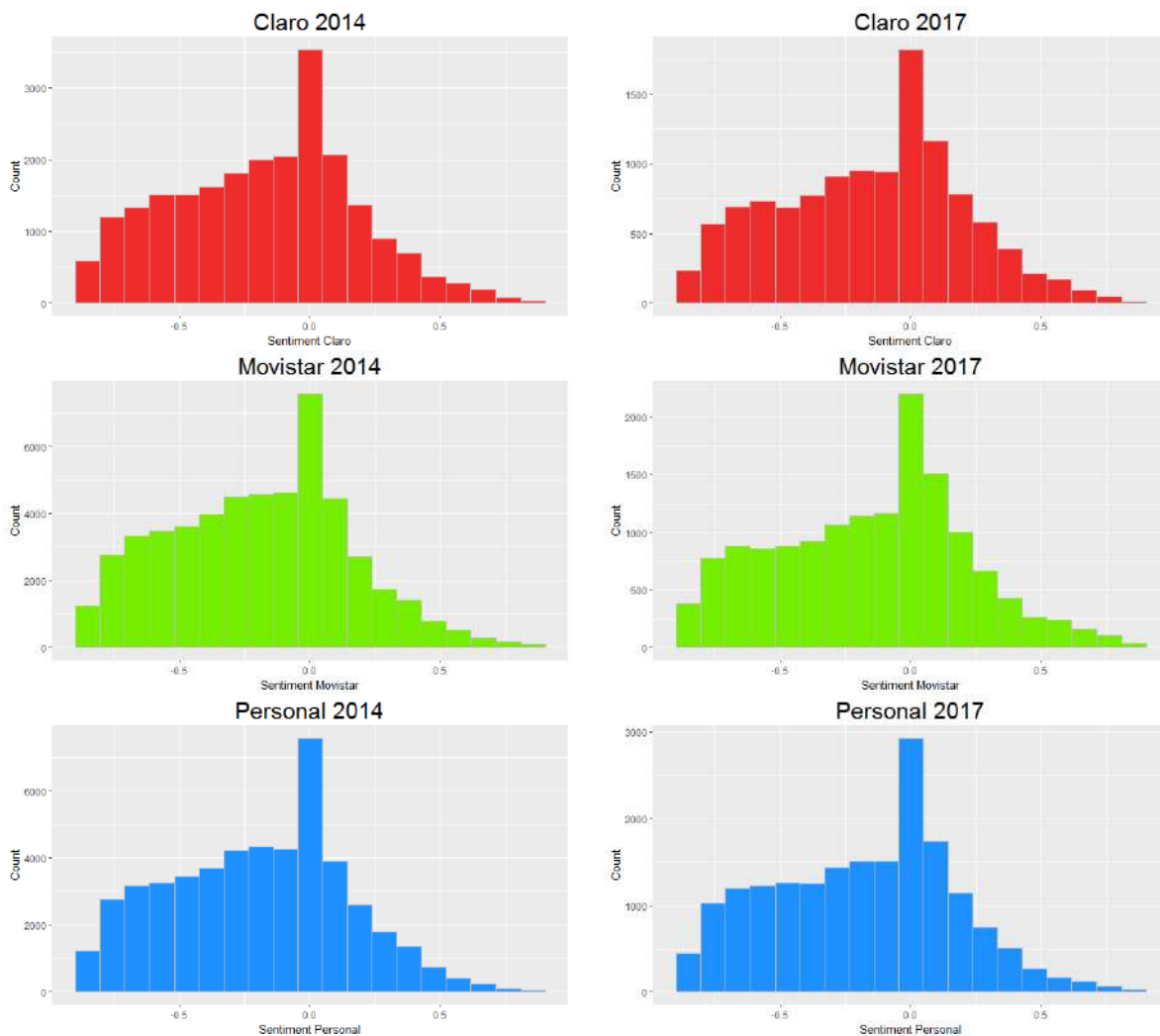


Figura 2 Distribución del sentiment por compañía y año

3.2 Correlación

Otro punto de interés es estudiar la correlación existente entre los puntajes obtenidos en las encuestas y aquellos obtenidos con el sentiment para cada punto del tiempo y realizar un ensayo de hipótesis con un $\alpha=5\%$, de acuerdo con el procedimiento explicado en Miles y Banyard [7].

$$H_0: r = 0$$

Vs.

$$H_1: r \neq 0$$

Los resultados de este ensayo se exponen en las siguientes tablas (calculados con todos los decimales disponibles).

Tabla 8 Ensayo de hipótesis: 2014

	Coef. de Pearson	n	t	α^*
Claro	0.832	5	2.594	0.081
Movistar	0.799	5	2.304	0.105
Personal	0.824	5	2.524	0.086
Global	0.759	15	4.207	0.1%

Tabla 9 Ensayo de hipótesis: 2017

	Coef. de Pearson	n	t	α^*
Claro	0.773	5	2.109	0.126
Movistar	0.880	5	3.211	0.049
Personal	0.837	5	2.651	0.077
Global	0.790	15	4.646	0.05%

Estas tablas muestran para cada compañía la correlación entre la encuesta y los resultados del Sentiment sobre las 5 variables (por ello $n=5$). Sobre estas se pueden realizar múltiples lecturas. Primero observar que el α a posteriori es del 0.1% y del 0.05% respectivamente, lo cual nos permite ampliamente rechazar la hipótesis nula, fortaleciendo así la idea de que estas mediciones se encuentran correlacionadas. Se podría también observar el α a posteriori para cada una de las compañías, sin embargo, estas tienen un tamaño de muestra muy pequeño, por ello este trabajo propone la observación de los coeficientes al realizar la comparación global.

Otro punto de interés el valor de la correlación, 75.9% y 79% respectivamente para cada uno de los años bajo estudio. Si comparamos estos valores con la escala de Cohen [8], estándar del estudio de fenómenos sociales y del comportamiento, estamos hablando de una correlación fuerte.

Tabla 10 Escala de Cohen [8]

	Efecto		
	Pequeño	Mediano	Alto
Coef. de Pearson	10%	30%	50%

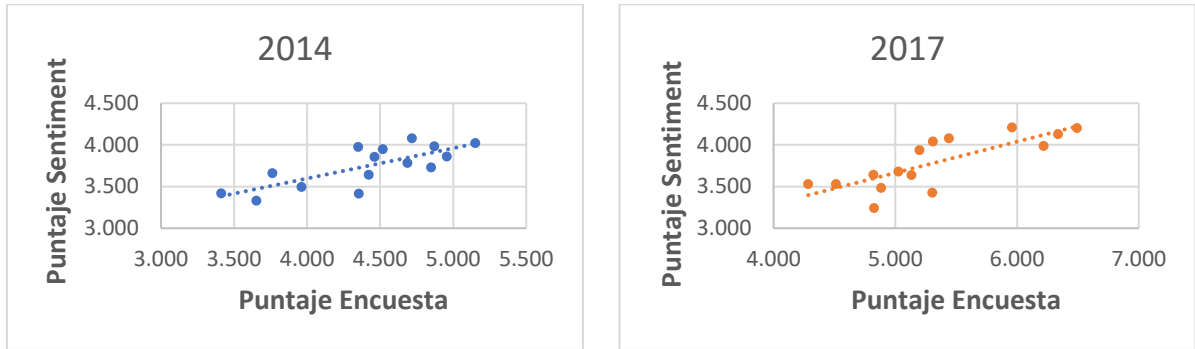


Figura 3 Correlación entre el puntaje obtenido por sentiment y aquel obtenido por la encuesta

En estos gráficos se puede observar la clara correlación entre las mediciones, la cual es válida para ambos puntos del tiempo. A medida que aumenta el puntaje obtenido en la encuesta, aumenta aquel obtenido a través del sentiment en Twitter. Esto nos permite reemplazar la medición a través de encuestas y aproximarla mediante estas técnicas, evitando así los costos de la encuesta.

3.3 Efecto dinámico

Es de interés estudiar también la variación porcentual para cada una de las metodologías de medición entre 2017 y 2014 a los fines de entender si estas evolucionan de forma similar.

Tabla 11 Evolución porcentual de las mediciones

Encuesta	Internet	Señal	Problema	Recomendación	Planes
Claro	21.9%	9.0%	30.1%	37.6%	5.6%
Movistar	41.4%	36.4%	25.4%	37.0%	7.2%
Personal	23.5%	8.1%	16.5%	17.5%	0.7%
Twitter	Internet	Señal	Problema	Recomendación	Planes
Claro	0.26%	0.04%	3.72%	3.07%	1.45%
Movistar	-5.17%	-0.56%	3.35%	5.88%	-2.76%
Personal	5.93%	0.97%	2.09%	2.26%	-6.59%

Aquí se evidencia que, aunque en un momento particular del tiempo las mediciones correlacionan y son comparables, no poseen el mismo efecto dinámico, es decir, evolucionan de forma distinta en el tiempo. Esto nos indica que, por más que en el corto plazo ambas mediciones reflejen el mismo humor (es decir, correlacionan entre si), en el largo plazo se comportan distinto. Esto se ve magnificado por la distancia de 3 años que existe entre los momentos que se han estudiado. Durante este periodo ha habido grandes cambios tanto en cómo se utiliza Twitter (evidenciado en la caída en cantidad de mensajes) como en el mercado de telefonía móvil (evidenciado en el aumento de todos los indicadores).

3.4 Observaciones finales

La medición de la opinión del cliente mediante técnicas de text mining en este mercado particular arroja resultados prometedores, que no pretenden reemplazar la metodología tradicional sino complementarla. Las limitaciones de la metodología se encuentran en la incapacidad de medir cualquier fenómeno, sino sólo aquellos sobre los que los clientes se manifiestan en las redes sociales. Las ventajas de la misma son fundamentalmente el bajo costo y la consecuente alta frecuencia de medición que eso le permite a una organización, resultando así más conveniente que una medición por encuestas. Es importante notar también que en el largo plazo estas mediciones evolucionan de forma no proporcional.

4. REFERENCIAS

- [1] Pautasio, L. (2015). "Estadísticas: mercado de telecomunicaciones de Argentina". *Telesemana.com*, recuperado el 06 de abril del 2017, de <http://www.telesemana.com/blog/2015/08/04/estadisticas-mercado-de-telecomunicaciones-de-argentina/>
- [2] Kotler, Philip, and Kevin Lane Keller. (2009). *Dirección de marketing*. Pearson educación.
- [3] Fornell, C., Mithas, S., Morgeson III, F. V., & Krishnan, M. S. (2006). "Customer satisfaction and stock prices: High returns, low risk". *Journal of marketing*, 70(1), 3-14.
- [4] Pournarakis, Sotiropoulos, Kounavis & Giaglis. (2013). *AT&T vs Verizon: Mining Twitter for Customer Satisfaction towards North American Mobile Operators*. ICMB.
- [5] Xiang, Z., Schwartz, Z., Gerdes, J. H., & Uysal, M. (2015). "What can big data and text analytics tell us about hotel guest experience and satisfaction?". *International Journal of Hospitality Management*, 44, 120-130.
- [6] Vidya, N. A., Fanany, M. I., & Budi, I. (2015). "Twitter Sentiment to Analyze Net Brand Reputation of Mobile Phone Providers". *Procedia Computer Science*, 72, 519-526.
- [7] Miles, J., & Banyard, P. (2007). *Understanding and using statistics in psychology: A practical introduction*. Sage.
- [8] Cohen, J. (1992). "A power primer". *Psychological bulletin*, 112(1), 155.

TRIZ. Metodología de Resolución de Problemas Ingenieriles Basados en el Conocimiento

Nishiyama, Juan Carlos; Requena, Carlos Eduardo ⁽¹⁾; Yonni, Fernando; Vaca, Sergio Gabriel

Lugar de trabajo: UTN FRGP, H. Yrigoyen 288, Gral. Pacheco, Partido de Tigre, Prov. de Buenos Aires. Argentina

⁽¹⁾ carloveduardorequena@yahoo.com.ar

RESUMEN.

TRIZ [1] es un método sistemático para incrementar la creatividad en la innovación tecnológica. Se basa en el estudio de modelos de evolución de patentes y en otros tipos de soluciones a problemas. Los ingenieros y otros profesionales que resuelven problemas técnicos de forma intuitiva, encontrarán que el método TRIZ les proporciona ideas adicionales. Los que resuelven problemas de forma organizada, encontrarán que el método TRIZ les proporcionará estructuras adicionales.

Todas las organizaciones pueden innovar y hacerlo sistemáticamente, sin depender de algún experto individual, que por azares del destino, se encuentre en la organización.

TRIZ es la primera metodología estructurada, y no al azar, de búsqueda de soluciones a problemas ingenieriles complejos. Comprende un conjunto de herramientas de complejidad creciente tales como los “40 Principios de Inventiva”, “Matriz de Contradicciones”, “Análisis Sustancia-Campo”, “ARIZ” (algoritmo) [2], etc., que se integran perfectamente con AMFE, QFD, Análisis de Riesgo, etc.

Estas herramientas de TRIZ permiten hallar un amplio espacio de soluciones conceptuales a un problema, que, a diferencia del brainstorming, la perspicacia, la experiencia, etc., son independientes de la inercia psicológica. Se pueden aplicar conjuntamente con otras técnicas conocidas de gestión empresarial como “Lean Manufacturing”, “Value Engineering”, “Six Sigma”, “AMFE” [21] y otras. Estas combinaciones permiten formar poderosos sistemas de gestión y de creación.

Palabras Claves: TRIZ, contradicción, principios, inercia psicológica.

1. INTRODUCCIÓN

Para la generación de ideas, no se requiere ser un experto en el tema sobre el que se razona, aunque en el proceso de resolución de un problema hay fases de análisis de las ideas aportadas y de construcción de la solución, que deben ser realizadas por especialistas.

Las metodologías de creatividad, basadas en la psicología, prescinden voluntariamente de conocimientos previos. Aunque parezca sorprendente, los resultados obtenidos por la aplicación de estas metodologías son espectaculares. Gracias a ellas se han realizado importantes avances y resuelto problemas de extrema dificultad.

En particular, TRIZ es única en su concepción ya que surge de un enfoque diferente, que consiste en utilizar, en algún modo, el máximo de conocimientos disponibles sobre un problema concreto y llegar a un espacio de soluciones por la adecuación de soluciones aplicadas previamente a problemas similares. Es la primera metodología, que a diferencia de las mencionadas, se ha definido como “basada en el conocimiento”, pero no la única, ya que a partir de TRIZ se han construido otras, ejemplos de ellas son SIT [3], ASIT [4], USIT [5], HI [6], TRIZICS [19].

2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA TRIZ

2.1. Problemas Inventivos

La “inercia psicológica”, (ver Figura 1) se refiere a que muchas veces las soluciones a un problema están basadas solamente en la propia experiencia, no considerando la búsqueda de tecnologías alternativas, lo cual conduciría hacia nuevos conceptos de solución.



Figura 1 El problema de la inercia psicológica.

Un problema de aparente solución mecánica puede ser resuelto a través de medios eléctricos y magnéticos. Por ejemplo, un ingeniero mecánico puede diseñar un sistema de amortiguación reemplazando un resorte o muelle por medio de dos imanes con sus polos iguales enfrentados (el rechazo de polos iguales produce fuerzas de rechazo entre ambos imanes provocando la amortiguación), logrando así una solución a su problema fuera del campo de su experiencia. [17]

2.2. Breve historia de cómo se creó el TRIZ

Altshuller, ingeniero ruso que creó TRIZ a finales de los 40 del siglo XX, “tamizó” 1.500.000 patentes, quedándose con 200.000 de ellas tratando de buscar sólo los problemas inventivos y la forma en que fueron resueltos. De éstas, sólo 40.000 patentes fueron consideradas como inventivas. El resto, son sólo mejoras rutinarias. A finales de los 90, TRIZ se expande por el mundo. Primeramente pasa por Israel, luego, EEUU, Europa, lejano oriente, Latinoamérica (México, Brasil y Chile).

2.3. Algunas Herramientas Clásicas de TRIZ

Del estudio realizado por Altshuller y su equipo, surgió que los parámetros de ingeniería en juego en todas las soluciones de los problemas que solucionaban con las patentes, eran tan sólo 39. Estos se conocen como los “39 Parámetros de Ingeniería”. Se muestra una lista en la Tabla 1.

También extrajo de todas esas patentes solamente 40 principios de invención de todas esas patentes. Esta lista se conoce como los “40 Principios de Inventiva”.

Los 40 principios son la deducción más directa del análisis de las patentes realizado por el creador de TRIZ. Se da una lista de los 40 principios en la Tabla 2.

Tabla 1 Los 39 parámetros de ingeniería.

LOS 39 PARÁMETROS DE INGENIERÍA			
1. Peso de un objeto móvil	10. Fuerza	20. Energía consumida por un objeto inmóvil	30. Factores nocivos que actúan en un objeto
2. Peso de un objeto inmóvil	11. Tensión, presión,	21. Potencia	31. Efectos nocivos
3. Longitud de un objeto móvil	12. Forma	22. Desperdicio de energía	32. Manufacturabilidad
4. Longitud de un objeto inmóvil	13. Estabilidad de un objeto	23. Desperdicio de sustancia	33. Conveniencia de uso
5. Área de un objeto móvil	14. Fuerza	24. Pérdida de información	34. Reparabilidad
6. Área de objeto inmóvil	15. Durabilidad de un objeto móvil	25. Pérdida de tiempo	35. Adaptabilidad
7. Volumen de objeto móvil	16. Durabilidad de un objeto inmóvil	26. Cantidad de sustancia	36. Complejidad de un dispositivo
8. Volumen de objeto inmóvil	17. Temperatura	27. Fiabilidad	37. Complejidad de control
9. Velocidad	18. Brillo	28. Precisión de medida	38. Nivel de automatización
	19. Energía consumida por un objeto móvil	29. Precisión de manufactura	39. Productividad

Tabla 2 Los “40 Principios de Inventiva”

LOS 40 PRINCIPIOS INVENTIVOS			
1. Segmentación	13. Inversión.	23. Retroalimentación	31. Uso de material poroso
2. Extracción	14. Esferoidalidad	24. Mediador	32. Cambio de color
3. Calidad local	15. Dinamicidad	25. Autoservicio	33. Homogeneidad
4. Asimetría	16. Acción parcial o sobrepasada	26. Copiado	34. Restauración y regeneración de partes
5. Combinación	17. Moviéndose a una nueva dimensión	27. Objeto barato de vida corta en vez de uno caro y durable	35. Transformación de los estados físicos y químicos de un objeto
6. Universalidad	18. Vibración mecánica	28. Reemplazo de sistemas mecánicos	36. Transición de fase
7. Anidación	19. Acción periódica	29. Uso de una construcción neumática o hidráulica	37. Expansión térmica
8. Contrapeso	20. Continuidad de una acción útil	30. Película flexible o membranas delgadas	38. Uso de oxidantes fuertes
9. Reacción previa	21. Despachar rápidamente		39. Medio ambiente inerte
10. Acción previa	22. Convertir algo malo en un beneficio		40. Materiales compuestos
11. Amortiguamiento anticipado			
12. Equipotencialidad			

Para las dos últimas le se encuentran más completas y con las descripciones de los parámetros y de los principios inventivos. Esta breve introducción con estas dos tablas, nos permite, ahora sí, presentar una de las herramientas clásicas de TRIZ, la Matriz de Resolución de Contradicciones Técnicas. Esto nos permitirá resolver un problema técnico como ejemplo. Pero primero veremos que son las Contradicciones Técnicas.

2.4. Contradicciones Técnicas

Una contradicción técnica es una situación que se presenta cuando queremos variar una característica (parámetro de ingeniería) de un sistema tecnológico para mejorarlo y al hacerlo, invariablemente, se nos empeora otra. Definir una contradicción técnica de un problema es modelizar el problema. Veamos algunos ejemplos:

- Si mejoro disminuyendo costos reduciendo el contenido de tensioactivo de un detergente por dilución, voy en detrimento de su viscosidad, la situación empeora.
- Si deseamos reducir el costo de una pieza metálica estampada, lo mejoramos reduciendo el espesor de la chapa, pero como resultado se resiente su resistencia mecánica, situación que empeora.

La hipérbola indicada en la Figura 2 [9], es la estrategia de la resolución de problemas por compromiso (trade-off), ni muy bueno ni muy malo para cada parámetro. TRIZ, en cambio, apunta a lo bueno-bueno en ambos parámetros en conflicto. TRIZ, haciendo uso de sus herramientas “destruye” la contradicción. La Matriz de Contradicciones, es un modelo de solución.

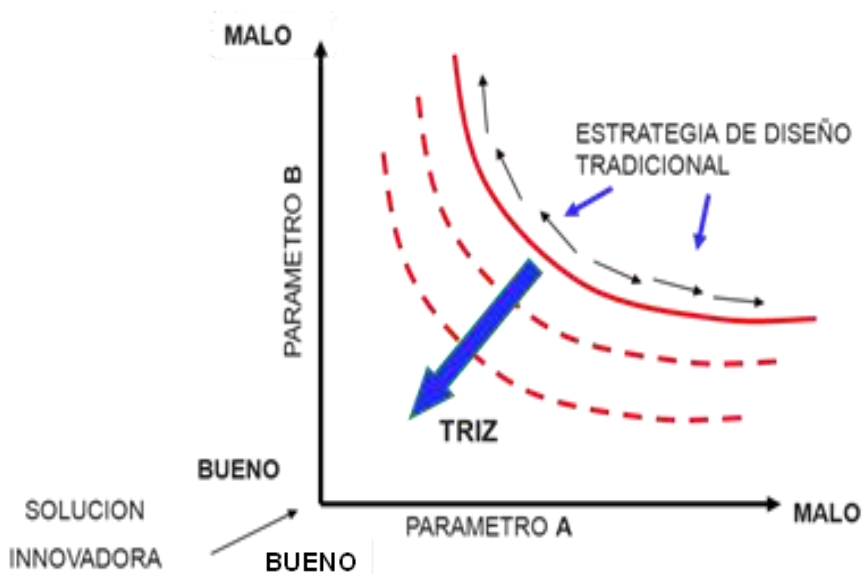


Figura 2 TRIZ no busca la solución por compromiso.

2.5. Matriz de Contradicciones Técnicas

Es un cuadro de doble entrada, ver Figura 3, cuya primera columna de la izquierda están listados en valor ascendente hacia abajo los 39 parámetros, de los cuales se elige uno para mejorar el sistema tecnológico en cuestión, y en la primera fila superior están listados ordenadamente de modo ascendente de hacia la derecha los 39 parámetros de los cuales algunos empeoran el sistema tecnológico al elegir el parámetro que mejora de la columna vertical. En el cruce de cada fila y columna se dan referencias a los tipos de soluciones que se pueden aplicar para mejorar un parámetro sin que empeore el otro. Las soluciones ofrecidas, justamente, son los 40 principios de inventiva que identificó Altshuller.

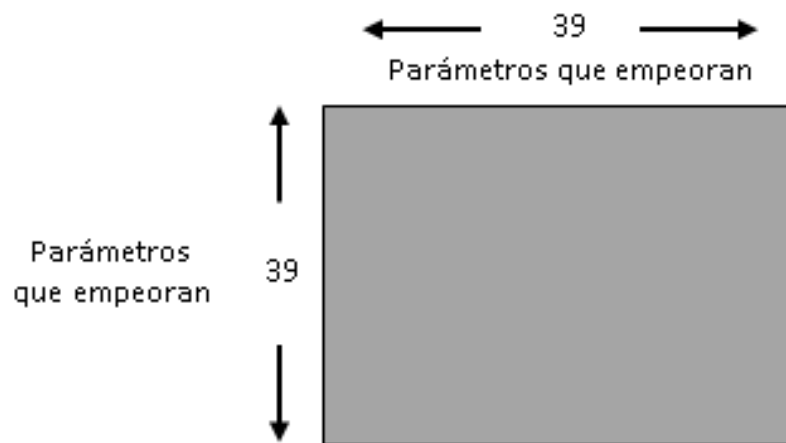


Figura 3 Vista general de la forma de la Matriz de Contradicciones.

En la Figura 4 tenemos una vista parcial de la Matriz de Contradicciones, dado que por su tamaño no podemos visualizarla completamente. El orden de los números, se debe a que en ese mismo orden es que aparecen más patentes con el principio inventivo con que fue resuelto un problema con igual contradicción.

		ATRIBUTO QUE EMPEORA							
ATRIBUTO QUE MEJORA		9 Velocidad	10 Fuerza	11 Tensión/Presión	12 Forma	13 Estabilidad de la composición	14 Resistencia o fortaleza	15 Tiempo de acción del objeto móvil	16 Tiempo de acción del objeto estacionario
	1 Peso del objeto móvil	2,8,15,38	8,10,18,37	10,36,37,40	10,14,35,40	1,35,19,39	28,27,18,40	5,34,31,35	
	2 Peso del objeto estacionario		8,10,19,35	13,29,10,18	13,10,29,14	26,39,1,40	28,2,10,27		2,27,19,6
	3 Longitud del objeto móvil	13,4,8	17,10,4	1,8,35	1,8,10,29	1,8,15,34	8,35,29,34	19	
	4 Longitud del objeto estacionario		28,10	1,14,35	7,13,14,15	35,37,39	14,15,28,26		1,40,35
	5 Área del objeto móvil	29,30,4,34	19,30,35,2	10,15,36,28	5,34,29,4	11,2,13,39	3,15,40,14	6,3	
	6 Área del objeto estacionario		1,18,35,36	10,15,36,37		2,38	40		2,10,19,30
	7 Volumen del objeto móvil	29,4,38,34	15,35,36,37	6,35,36,37	1,4,15,29	28,10,1,39	9,14,15,7	6,35,4	
	8 Volumen del objeto estacionario		2,18,37	24,35	7,2,35	34,28,35,40,	9,14,15,17		35,34,38
	9 Velocidad		13,28,15,19	6,18,38,40	35,15,18,34	28,33,1,18	8,3,26,14	3,19,35,5	
	10 Fuerza	13,28,15,12		18,21,11	10,34,35,40	35,10,21	35,10,14,27	19,2	
	11 Tensión/ Presión	6,35,36	36,35,21		35,4,15,10	35,33,2,40	9,18,3,40	19,3,27	
	12 Forma	35,15,34,18	35,10,37,40	34,15,10,14		33,1,18,4	30,14,10,40	14,26,9,5	
	13 Estabilidad de la composición	33,15,28,18	10,35,21,16	2,35,40	22,1,18,4		17,9,15	13,27,10,35	39,3,35,23
	14 Resistencia o fortaleza	8,13,26,14	10,18,3,14	10,3,18,40	10,30,35,40	13,17,35		27,3,26	
	15 Tiempo de acción del objeto móvil	3,35,5	19,2,16	19,3,27	14,25,26,28	13,3,35	27,3,10		

Figura 4 Matriz de Contradicciones Técnicas. Por razones de espacio, sólo se eligió la parte de interés para un ejemplo particular

Evidentemente, los principios no son una solución directa a la contradicción, sino una línea de razonamiento para encontrar la solución. Las casillas de la matriz que quedan vacías corresponden a contradicciones técnicas que no se pueden dar o que no están resueltas. En este caso se utilizan otras herramientas TRIZ, como por ejemplo: el Análisis Sustancia-Campo, el Método de los Pequeños Hombres Inteligentes (SLP, Smart Little People), los 76 Estándares, el

ARIZ, etc., que por razones de espacio no serán descritas en este trabajo y para el lector interesado ver [1]. Estas herramientas pueden ser integradas junto a otras más conocidas y difundidas y de eficacia probada tales como el AMFE, QFD, Diseño Axiomático, APQP, etc.

3. EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA TRIZ

El siguiente ejemplo de aplicación es una adaptación simplificada de [10], por motivos de extensión del trabajo, pero que estimamos suficientes como para dar una orientación al lector de los alcances de esta metodología.

Al desarrollar una barra adhesiva color fucsia (ver Figura 5) para pegar fotografías, estampas y artículos de papel en general sobre cartón, cartulina o papel, que durante su almacenaje mantiene su color y al aplicarse una película de adhesivo sobre el papel se torna de fucsia a translúcida (Efecto Deseado). Pero, un tiempo prolongado de almacenaje del adhesivo produce que la película no se torne a translúcida, quedando en su lugar un color café oscuro (Efecto Indeseado). El efecto deseado se logró utilizando fenolftaleína, que es un indicador ácido-base ampliamente usado en la industria química para titulación de sustancias ácidas ($\text{pH} < 7$) o básicas ($\text{pH} > 7$), mostrando la fenolftaleína un color fucsia en presencia de sustancias básicas e incoloro en presencia de sustancias ácidas. La barra adhesiva se fabrica mezclando un jabón (pH básico) con Polivinil Pirrolidona (PVP) y al añadirle fenolftaleína, la barra adhesiva, adquiere color fucsia, y cuando este producto se aplica sobre los sustratos de carácter ácido como la superficie del papel, y por el dióxido de carbono del aire, se logra el efecto deseado, el viraje.

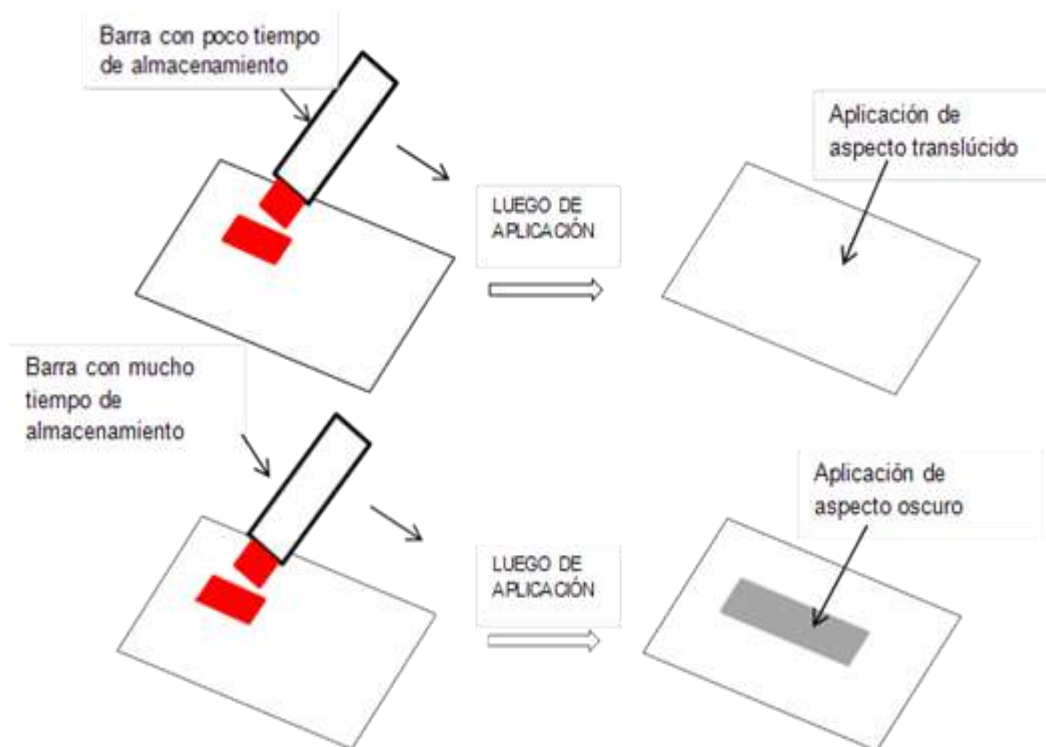


Figura 5 *Luego de un cierto tiempo de almacenamiento, la barra fucsia al ser aplicada sobre el papel no queda de aspecto traslúcido como cuando la misma lleva poco tiempo de almacenamiento.*

El hidróxido de sodio (NaOH) y el indicador interactúan dando el Efecto Deseado, ¿Quién produce el efecto indeseado? Respecto a las sustancias extrañas, en principio, se las supuso inertes al proceso de oscurecimiento. Quizás, luego debiera tenerse en cuenta esta suposición. Por lo tanto podremos, de momento, se puede obviar.

Con respecto al PVP, no hay, aparentemente, aspectos negativos que tengan relación con el oscurecimiento. Quizás, por el momento, sea conveniente obviarlo también.

El agua, no trae problemas al adhesivo cuando no tiene indicador. Podemos considerarla sin problemas. Otros componentes salteados y próximos a obviar, igualmente conviene tenerlos en stand by.

El jabón, tanto en el adhesivo sin y en el adhesivo con indicador, solo aporta consistencia pastosa. Es posible que pueda interferir el NaOH que lo acompaña. Surge en la mente de modo espontáneo el tema de la velocidad de reacción. La cuestión del papel, el PVP, el agua, el jabón,

sustancias extrañas y la base, no tienen ningún problema de oscurecimiento. El mismo surge con la fenolftaleína y sobre todo con el tiempo de almacenamiento. Esto lleva a pensar nuevamente en una cinética de reacción química, específicamente podríamos llamarla de descomposición del indicador.

Se llevaron a cabo algunas pruebas experimentales a nivel laboratorio, determinándose que el problema con el paso del tiempo era provocado por el NaOH que se requería para elaborar el jabón, el cual, a su vez, era necesario para obtener el pH básico que se requería para que la fenolftaleína le diese al producto el color morado deseado en la barra adhesiva.

Experimentalmente la fenolftaleína es lo único de la formulación que produce el efecto indeseado.

3.1. Planteo de la Contradicción Técnica

Se elige el parámetro: 13–Estabilidad de la composición del objeto (fenolftaleína) y el parámetro: 16- Duración de una acción del objeto estacionario. Resulta estratégico convertir la contradicción técnica (CT) en dos (CT-1 y CT-2). Veamos:

CT-1: Si la concentración de NaOH es extremadamente baja o no existe, entonces, la fenolftaleína no se deteriora con el paso del tiempo, pero no se tiene reserva alcalina.

CT-2: Si la concentración de NaOH es alta, entonces, se tiene una reserva alcalina suficiente, pero la fenolftaleína se deteriora con el paso del tiempo.

La CT-1 se acomoda bien a nuestro problema. La matriz da los siguientes principios: 39, 3, 35 y 23.

Veamos: 39 (Ambiente inerte) no aplica aquí. 35 (Transformación de propiedades, cambios de parámetros) orienta al cambio de parámetro, en nuestro caso particular la concentración. 3 y 23 no aplican. La descripción de estos principios, el lector los puede encontrar, ampliados en las referencias. [9]

Veamos que nos induce a pensar el Principio Inventivo 35.

3.2. Identificar y aplicar las soluciones

Solución 1: Estudiar el tema de ver cuál sería el pH útil para virar y que no altere la estructura molecular del indicador.

Solución 2: Quizás un buffer permita ubicar el pH a un mínimo sin alterar la fenolftaleína.

Solución 3: Ver la solución 1 a través de la concentración de base.

Solución 4: Probar otra base diferente al NaOH.

Solución 5: Quizás una cromatografía del producto oscurecido permita detectar lo que oscurece.

Etc., etc., etc.....

Como el NaOH es una base fuerte, con muy poco se logra el viraje del indicador. Esto nos lleva a pensar que si disminuimos la concentración de la base lo suficiente, logramos igualmente el viraje del indicador. Recaemos en la solución 3. Quizás así, si el indicador es quien se oscurece, no quede expuesto a una fuerte basicidad. El viraje del incoloro al fucsia ocurre entre los pH 8 al 9,8. Probablemente la concentración en el jabón, con poca agua, su pH se ubique en valores más altos.

Solución 6: Reemplazar el NaOH por amoníaco acuoso. Quizás otorgue olor desagradable.

Cabe aclarar, que el hecho de llamar a la fenolftaleína indicador, nos trae a la mente, ensayar otros indicadores, diferentes a la fenolftaleína y que nos permite jugar con otra gama de colores, lo cual puede ampliar comercialmente la variedad del producto. Además esto nos permite destellar otras adiciones al pegamento, como ser otros colores, partículas llamativas, y por qué no, olores agradables. Son ideas potenciales, que no conviene ignorar.

Se pueden identificar, potencialmente, más parámetros si son viables y aumentar el número de propuestas de soluciones conceptuales [18, 20].

4. BANCO DE IDEAS

Si se dispara en la mente ¿Por qué no usar otros indicadores de diferentes colores? Esto trae una mayor diversidad comercial. Tener en cuenta.

Aquí es interesante mencionar que esta aplicación estaba al alcance de la mano. Podemos usar como plantilla esta solución y hacerla extensiva a otras variantes del productos, creando una variedad comercial más amplia y de posible impacto comercial. Pero hubo que razonar mucho para llegar a esa conclusión. Esto nos quedaría en nuestra base de datos mentales que cualquier otro proceso similar, podemos simplificar los caminos de solución utilizando con la plantilla de solución que hemos hallado.

5. IMPACTO EN LAS EMPRESAS

Con estas metodologías, no se requiere de expertos para generar ideas en un determinado tema, aunque en el proceso de resolución de problemas se puede requerir la consulta de especialistas. Estas metodologías aceleran el proceso creativo y de solución de problemas. Ver en Figura 6 [11, 17] el impacto de la metodología TRIZ en empresas.

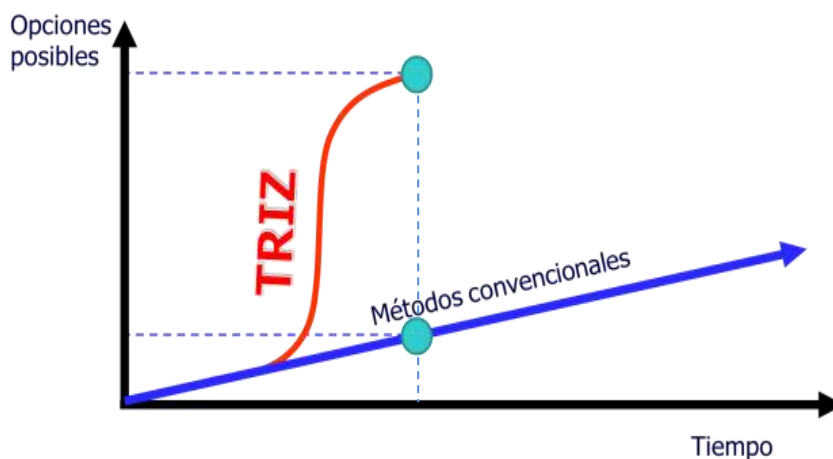


Figura 6 Impacto de la aplicación de la metodología TRIZ en las empresas.

Por experiencia personal, esto causa impacto en el alumnado de carreras ingenieriles al presentar la materia posible de su elección. Lo mismo sucede en el profesional ingeniero, pues reconoce la utilidad como herramienta solucionadora de problemas y de innovación.

El ingeniero percibe rápidamente que TRIZ y sus derivados permiten “convertir” la creatividad y la innovación en un sistema de principios y de algoritmos.

6. UNIVERSIDADES DONDE SE ESTUDIA

Universidades: de Gotemburgo-Suecia, de Osaka, de Michigan, de Harvard, de Tel-Aviv, etc. Instituto: Tecnológico Samsung, Tecnológico Monterrey, MIT, etc. [11, 12, 13]

Empresas: GM, Ford, Toyota, Dana, Rockwell, Motorola, Xerox, Kodak, Siemens, Volkswagen, Johnson & Johnson, Mitsubishi, Boeing, NASA, Lockheed, Hewlett-Packard, Lexmark, 3M, Rolls-Royce, Samsung, etc. [16].

En Argentina, en UTN FRGP, se implementó en 2015 como materia optativa anual “Metodologías para el Desarrollo de la Creatividad en Ingeniería” en 3er año de la carrera de Ingeniería Mecánica. En la cual, el 80 % de los contenidos está basado en la metodología TRIZ y sus derivados. El resto de los contenidos se compone de las metodologías no estructuradas, como por ejemplo brainstorming, sinéctica, pensamiento lateral, pensamiento equivalente transformacional, etc. [9]

7. CONCLUSIONES.

Tan solo con los conocimientos no se garantiza el éxito de la resolución de problemas, pues esto depende de la estrategia empleada y de su actitud para enfrentarlo.

El ser humano debe responder a esta circunstancia durante toda su vida y los profesionales tecnólogos enfrentarán desafíos de variadas intensidades y complejidades a lo largo de su carrera. Una empresa desarrolla nuevos productos, siendo esta acción su esencia y en esto los profesionales tecnólogos tienen una marcada injerencia.

Innovar es vital para las empresas, y esta innovación, hoy día, exige ser sostenida y sistemática en el tiempo. Esto puede lograrse con una metodología estructurada como el TRIZ, que hace posible el progreso tecnológico gracias al desarrollo de nuevos diseños y métodos productivos.

Creemos que este tipo de metodologías de resolución de problemas de modo estructurado, que potencia las habilidades del usuario tendrán un valor agregado no solo sobre éste, sino en la empresa y la sociedad en conjunto.

El lugar idóneo para introducir la metodología TRIZ, a nivel masivo, es sin duda en las universidades, en especial, con los estudiantes de los últimos años de cursada e inclusive con los recién egresados de las diferentes ramas de la ingeniería. Esto ya ha sido probado con mucho éxito en Rusia, México, Korea, China, Japón y Singapur. En Argentina, en UTN FRGP, ya comenzamos a transitar por este camino.

8. REFERENCIAS.

- [1] Tatiana Zagorodnova, Carlos Requena, Juan Carlos Nishiyama. (2004). *Tesauros – terminología del TRIZ y ARIZ*. Rusia. Traducción desde el idioma ruso. <http://www.altshuller.ru/thesaur/thesaur.asp>
- [2] Tatiana Zagorodnova, Carlos Requena, Juan Carlos Nishiyama – Traducción de la versión original Ruso al Español, Rusia. 2004. ARIZ 85. <http://www.altshuller.ru/world/spa/ariz85v.asp>

- [3] Horowitz, R. and Maimon, O., SIT — A Method for Creative Problem Solving in Technology, in Proc. 7th International Conference on Thinking, Singapore, 1997.
- [4] Roni Horowitz: 'From TRIZ to ASIT in 4 Steps', <http://www.start2think.com>
- [5] Ed Sickafus: "Unified Structured Inventive Thinking -- An Overview", eBook, URL: <http://www.u-sit.net/>, (2003). Traducido al idioma español por J. C. Nishiyama y C. Requena.
- [6] Ed Sickafus, Innovación Heurística. Ntelleck, LLC, Grosse Ile, MI, USA, ISBN 0-965-9435-2-6. 1995. Traducido al idioma español por J. C. Nishiyama, T. Zagorodnova y C. Requena.
- [7] Página del AMETRIZ (Asociación Mexicana de TRIZ). <http://www.ametriz.com/matriz/MATRIZ.php>
- [8] Página del AMETRIZ (Asociación Mexicana de TRIZ). <http://www.ametriz.com/index.php/principios-de-inventiva>
- [9] Nishiyama, J. C., Zagorodnova, T., Requena C., TRIZ. Metodologías para el Desarrollo de la Creatividad en Ingeniería. Manual oficial para el dictado de la materia del mismo nombre en la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional General Pacheco, Buenos Aires, Argentina. Uso Interno. 2015.
- [10] Vicente González Ladino, Juan Carlos Nishiyama. Aplicación de TRIZICS en la Industria de los Adhesivos. El Caso del Adhesivo que Cambia de Color. 9º Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. DF, México. 2014
- [11] Rovira, Noel León, TRIZ: Innovación Estructurada para la Solución de Problemas y el Desarrollo de Productos Creatividad como una Ciencia Exacta. Second LACCEI. 2004, Miami, Florida, USA Copyright Dr. Noel Leon – ITESM
- [12] http://www.etria.net/TRIZ_academic_institutions.pdf
- [13] <http://dx.doi.org/10.4236/eng.2012.412115>
- [14] <http://www.tetris-project.org>
- [15] [http://www.triz-japan.org/PRESENTATION/sympo2010/Pres-Japan/JI08eS-Nakagawa\(Osakaakuin_U\)100825.pdf](http://www.triz-japan.org/PRESENTATION/sympo2010/Pres-Japan/JI08eS-Nakagawa(Osakaakuin_U)100825.pdf)
- [16] <http://www.osaka-qu.ac.jp/php/nakagawa/TRIZ/eTRIZ/elinksref/eCrePS-Books/eCrePS-Books.html>
- [17] J. Nishiyama, T. Zagorodnova y C. Requena. "TRIZ - Resolución Estructurada de Problemas Ingenieriles", Vertientes del Conocimiento. Año 3, Volumen 3, pág. 41-52. Mayo 2016 ISSN 2422-7463. SCyT. UTN FRGP.
- [18] Yonni, Fernando, Requena Carlos, Malinauskas Agustina. CREATIVITY AS AN EXACT SCIENCE IN THE RESOLUTION OF ENGINEERING PROBLEMS. UCA, Facultad de Cs. Fisicomatemáticas e Ingeniería. UTNFRGP, H. Irigoyen 288, Gral. Pacheco, Partido de Tigre, Prov. de Buenos Aires. UBA, Facultad de Ingeniería, Av. Paseo Colón 850 – C1063ACVC1107AAZ, Buenos Aires, Argentina. The TRIZ Journal, 2016.
- [19] Juan C. Nishiyama, Tatiana Zagorodnova, Carlos Requena. APLICACIÓN DE TRIZICS EN RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional General Pacheco. 1er Congreso Argentino de TRIZ. Creatividad e Innovación aplicadas al desarrollo de nuevos Productos y Procesos. Grl. Pacheco, Argentina. Septiembre de 2016. ISBN 978-987-1896-69-1. <http://www.edutecne.utn.edu.ar/TRIZ/TRIZ.pdf>
- [20] Yonni, Fernando, Requena Carlos, Hawryluk, Jorge. A Holistic Approach to the TRIZ Methodology. UCA, Facultad de Cs. Fisicomatemáticas e Ingeniería. UTN FRGP., H. Buenos Aires. The TRIZ Journal, enero 2017. <https://triz-journal.com/a-holistic-approach-to-the-triz-methodology/>
- [21] J. C. Nishiyama, Carlos Requena (Expositor)- Fernando Arrayago. OPTIMIZANDO EL AMFE MEDIANTE EL USIT. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional General Pacheco. 1er Congreso Argentino de TRIZ. Creatividad e Innovación aplicadas al desarrollo de nuevos Productos y Procesos. Grl. Pacheco, Argentina. Septiembre de 2016. ISBN 978-987-1896-69-1 <http://www.edutecne.utn.edu.ar/TRIZ/TRIZ.pdf>

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Ingeniero Juan Fructuoso, Director del Departamento Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco (UTN FRGP), por el apoyo y acompañamiento brindado a la difusión y enseñanza de TRIZ.

También nuestro agradecimiento al Dr. Adrián Canzián, Secretario de Ciencia y Tecnología de la UTN FRGP, por sus consejos y constante ayuda.

Nuevo Sistema de Seguridad para Prevenir la Caída de los Usuarios en las Vías de los Subterráneos de la Ciudad de Buenos Aires.

Rissetto, Miguel Angel*; Sozzani, Leticia

Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional.

Avda. Mitre 750 (1870), Avellaneda, Buenos Aires, Argentina, www.fra.utn.edu.ar

mrissetto@fra.utn.edu.ar

miguelrissetto@gmail.com, letsoz@yahoo.com.ar

RESUMEN

Las estaciones de los subterráneos y trenes de la República Argentina no disponen de sistemas de seguridad que prevengan los accidentes provocados por la caída de los usuarios desde los andenes a las vías.

Pudimos comprobar en diversas investigaciones, que en las estaciones de metros de ciudades muy importantes del mundo se soluciona este problema con cerramientos fijos que incorporan puertas eléctricas corredizas.

Estos sistemas requieren de mucha precisión, son de apertura eléctrica totalmente automatizada y están generalmente instalados en estaciones muy modernas que utilizan trenes de alta tecnología conducidos remotamente -sin chofer- desde una central informatizada.

Nuestro objetivo consiste en el diseño de un nuevo sistema que resuelva la problemática descrita en las redes de los Subterráneos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires de la República Argentina.

En tal sentido, el presente trabajo presenta una propuesta acorde a la tecnología y los recursos humanos y económicos disponibles en el país, desarrollando un sistema que demande una menor inversión inicial y también un bajo costo de mantenimiento.

Así, nos basaremos en una moderada adecuación de los andenes, utilizando los coches existentes y aplicando dispositivos que aprovechen la energía y el movimiento generados por los trenes que entran y salen de cada estación.

Palabras Clave: andenes, accidentes, seguridad, caídas

ABSTRACT

The subway stations and trains of the Argentine Republic do not have security systems that prevent accidents caused by the fall of users from the platforms to the tracks.

We could verify in several investigations that in the stations of meters of very important cities of the world this problem is solved with fixed enclosures incorporating sliding electric doors.

These systems require a lot of precision and are generally installed in very modern stations. They use high technology trains, fully automated and driven from a computerized central.

Our objective is the design of a new system that solves the problem described in the underground networks of the Autonomous City of Buenos Aires of the Argentine Republic.

The present work is oriented towards the design of an alternative according to the technology and the human and economic resources available in the country, developing a system that demands a lower initial investment and also a low maintenance cost. We will be based mainly on the adequacy of existing platforms and cars, and the use of devices that take advantage of the energy and movement generated by trains entering and leaving each station.

TRABAJO FINAL

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es parte de un proyecto de investigación y surge al observar la carencia de seguridad presente en todos los andenes de los subterráneos y trenes del área metropolitana de la Ciudad de Buenos Aires y del Gran Buenos Aires de la República Argentina.

Esto se evidencia en la ausencia total de elementos que protejan a los pasajeros y usuarios del servicio de las caídas a las vías. Los accidentes vinculados a la red ferroviaria son muchos y variados, pero puntualmente analizaremos aquí a los relacionados con la inexistencia de protecciones o límites físicos entre los pasajeros y las vías, y por ende, con los trenes que por ellas circulan.

Para solucionar esta problemática en distintos países del mundo se puede observar que existen diferentes sistemas de puertas instaladas en los andenes que funcionan como límite entre las personas y las vías. Éstas se abren sólo si el tren se encuentra ya detenido y cuando la puerta del vagón coincide con la del andén. De esta forma sólo se permite que los pasajeros accedan al tren o desciendan del mismo cuando esté totalmente detenido y en la posición correcta.

Se trata esta de una medida de seguridad relativamente actual, tanto en su instalación en líneas de nueva construcción como la adaptación de líneas ya construidas. Se encuentra en metros – subterráneos- asiáticos y europeos, como los de Tokio, Kioto, Seúl, Hong Kong, Londres, Pekín, Shanghái, Singapur, Copenhague, París, San Petersburgo o Sevilla. Respecto a América Latina, durante el año 2013 Santiago de Chile licitó la instalación de puertas para andenes PSD (“Platform Screen Doors”) en dos nuevas líneas de metro.

Estos sistemas de protección consisten, en general, en la instalación –repetida en todo el largo del andén- de dos puertas corredizas, de apertura central. La tecnología utilizada por las empresas que las instalan permite una rápida apertura, mientras que el cierre puede ser más suave (estas velocidades son fácilmente regulables). Las puertas pueden contar con radares de detección de elementos, que frenen el cierre. Este sistema no sólo es altamente confiable, sino que también requiere de poco mantenimiento.

Sin embargo, este sistema de puertas –como se dijo ya probado en muchos países del mundo- es una opción de muy alto costo de instalación para la extendida red de trenes y subterráneos del área metropolitana de Buenos Aires. Además, requiere de una adaptación de las dimensiones de los cerramientos a los disímiles modelos de las formaciones existentes de trenes donde se implementará.

Probablemente, este sistema de puertas descripto sea una solución económicamente viable de instalar cuando se expande la red, en las estaciones nuevas a construir y también con nuevas formaciones. Pero nuestra propuesta es resolver prontamente y a bajo costo la problemática descripta, para ser instalada en los andenes ya existentes y que funcione con los también ya existentes vagones de diversos modelos de las distintas formaciones que dispone hoy la compañía de subterráneos de Buenos Aires.

Por esto, el presente trabajo de investigación se propone encontrar una solución económica, acorde con la tecnología y recursos disponibles en la República Argentina, para evitar la caída de personas a las vías, tomando como una opción la utilización de la fuerza o energía provocados por el movimiento del tren que ingresa a la estación para accionar un eventual sistema de apertura y cierre de puertas u otros elementos.

También se estudiará la posibilidad de recuperar o amortizar en parte la inversión utilizando el nuevo sistema como espacio para publicidad gráfica.

En consecuencia, trabajaremos tomando como modelo a una estación de subte, estudiaremos dimensiones, capacidad, cantidad de pasajeros dentro y fuera del horario pico, frecuencia y cantidad de vagones de las formaciones y sus puertas, entre otras cosas. Luego, evaluadas las alternativas, analizaremos técnicamente la posibilidad de implementación del sistema, y sus factibilidades económicas y constructivas.

2. OBJETIVOS

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación “Diseño de un sistema de seguridad para evitar la caída de las personas a las vías de los andenes de subterráneos y trenes” presentado este año en la Universidad Tecnológica Nacional de la República Argentina.

El objetivo principal de esta investigación es diseñar un sistema que evite la caída de personas a las vías, y que además sea sencillo y económico de implementar

De esta manera, se pretende:

- Prevenir accidentes, suicidios y asesinatos, al no poder caer personas a las vía del tren.
- Reducir el peligro de arrastre o impacto, especialmente de los trenes que pasan a alta velocidad.
- Pero además y como objetivos secundarios podremos:
- Mejorar el control climático de la estación (calefacción, ventilación, y aire acondicionado son más efectivos cuando la estación está físicamente aislada del túnel).
- Aumentar la seguridad, al no poder entrar en los túneles nadie ajeno al personal de la compañía.
- Evitar que los usuarios arrojen basura a las vías.
- Mejorar las condiciones de trabajo de los conductores y empleados del subte y tren (por los traumas que les produce el atropellamiento).
- Evitar demoras y cancelaciones por accidentes relacionados con este tema.

Es de destacar que es fundamental para la presente investigación que el sistema resultante sea adaptable, o sea que pueda implementarse rápidamente en todas las estaciones ya existentes de trenes y subtes, esto es con baja inversión y mínimos requisitos de infraestructura y mantenimiento.

En tal sentido equipo de trabajo buscará la forma más económica y sencilla para incorporar un sistema de protección en los andenes de las actuales estaciones de subterráneo de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, teniendo en cuenta un bajo presupuesto en inversión disponible por el Municipio para este tema, y en consecuencia tratando de evitar grandes obras de infraestructura, roturas y obras complejas o sistemas sofisticados y consecuentemente, prolongadas demoras para la puesta en marcha de la solución propuesta.

En tal sentido se intentará encontrar una respuesta acorde a la tecnología y recursos disponibles, que permita la utilización de la fuerza o energía -provocados por el movimiento del tren que ingresa a la estación- para accionar la apertura o cierre de puertas, resolviendo entonces la problemática descripta.

Se intentará entonces poner fin a las caídas –ya sea accidentales o intencionales- de las personas, pero además se buscará subsidiariamente mejorar otros aspectos como el acondicionamiento térmico de las estaciones (si no se vinculan las estaciones con los túneles) y la limpieza de las vías (por la basura y otros elementos que se arrojan o caen a las mismas).

3. METODOLOGÍA

Para el proyecto de investigación relacionado con este trabajo se aplica la siguiente metodología:

3.1. Antecedentes. Recolección de datos y búsqueda de información. Estudio de los distintos métodos.

Se reúnen y analizan las diferentes soluciones planteadas en otros países del mundo. Se indagan además en trabajos de investigación realizados en otros países, así como todo material encontrado que guarde relación con el tema. Se estudian las distintas tecnologías aplicables y se buscan antecedentes de aquellas que hayan sido aplicadas en nuestro país.

Veremos también las estadísticas de accidentes por la caída de personas, y las consecuencias psicológicas y laborales que estos accidentes -la mayoría fatales- generan en los conductores de los trenes. Y también los perjuicios económicos, las demoras y las cancelaciones del servicio – entre otros problemas- que se producen por los motivos detallados.

Se analizan los desempeños en conjunto de las distintas tecnologías halladas. En caso de la tecnología existente en el extranjero, se evalúa la factibilidad de implementarla en nuestro país. También se detallan los aspectos técnicos de los distintos procesos, con el fin de obtener indicadores como productividad, tiempos, costos, etc. y se proponen diferentes alternativas de diseño y se seleccionará la solución más apta.

3.2. Resultados. Trabajo de campo. Diseño del nuevo sistema a implementar .

Se desarrollan indicadores que nos permiten evaluar y obtener la combinación más apropiada de los diferentes métodos para implementar un nuevo sistema de protección en andenes de subtes.

Luego tomaremos como modelo a una estación de subte, estudiaremos dimensiones, capacidad, cantidad de pasajeros dentro y fuera del horario pico, frecuencia y cantidad de vagones de las formaciones y sus puertas, entre otras cosas. Luego, evaluadas las alternativas, analizaremos técnicamente la posibilidad de implementación del sistema, y sus factibilidades económicas y constructivas.

3.3. Conclusiones. Prueba del modelo.

Con las experiencias recogidas se elaborarán las conclusiones del sistema implementado y del presente proyecto.

Con estos elementos se presentarán y publicarán los resultados obtenidos.

Se propondrá realizar una prueba piloto del modelo, instalando el sistema diseñado –ya definido- en un andén de subtes de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, con el fin de evaluar el funcionamiento del mismo.

4. ESTADO ACTUAL DE CONOCIMIENTO SOBRE EL TEMA

La red de subterráneos de la Ciudad de Buenos Aires cuenta con una extensión de 60 km. y 78 estaciones en operación. La primera línea (actual línea A) se inauguró en 1913, siendo la primera en su tipo en Iberoamérica y en todo el hemisferio sur. La red se extendió con rapidez durante las primeras décadas del siglo XX, pero el ritmo de ampliación disminuyó fuertemente tras los años que siguieron a la Segunda Guerra Mundial. Hacia fines de la década de 1990 se comenzó un nuevo proceso de expansión de la red, con el planeamiento de cuatro nuevas líneas.

Buenos Aires cuenta con otros medios de transporte ferroviario masivo además del subte. Sumando los sistemas de subte, Premetro y trenes suburbanos, la red metropolitana de transporte ferroviario de Buenos Aires supera los 880 Km de extensión y transporta anualmente alrededor de 700 millones de pasajeros.

La rapidez del servicio y el costo del boleto hicieron de este transporte el más elegido por los pasajeros para trasladarse diariamente entre sus trabajos o lugares de estudio y sus hogares.

El grueso de estaciones, andenes y tramos de vías de la red de subterráneos de Buenos Aires es anterior a la década del '50 y actualmente la legislatura porteña cuenta con proyectos de ampliación de la red a corto, mediano y largo plazo.

Estas estaciones que ya cuentan con más de 60 años de construcción, junto con el gran aumento del volumen diario de pasajeros (cerca de 1.700.000 diarios) generan un ámbito de inseguridad y donde nada ni nadie impide la caída de personas o elementos, ya sea por la delincuencia, por accidente o por voluntad del pasajero.

Al respecto, se mencionan algunos accidentes de esta índole que adquirieron relevancia pública en nuestro país y en el mundo:

Diario Judicial, viernes 24 de mayo de 2013:

"La Cámara Civil condenó a la empresa (NdeR: TBA) a pagar \$15.000 a un pasajero que sufrió un accidente en el andén de la estación Flores. La víctima fue empujada por una persona que corría por el andén tras "colarse" por un acceso no habilitado. Su pierna golpeó contra una formación que no era de TBA pero los jueces culparon a la empresa porque la seguridad del andén estaba a su cargo."

Diario Clarín, 03/11/11

"Persiguió a su asaltante en el subte y murió arrollado"

"La víctima tenía 27 años y estudiaba en la Escuela de Marina. Creen que forcejeó con el delincuente y cayó a las vías justo cuando arrancaba la formación. Piden que se presenten testigos del hecho. El ladrón le arrebató su iPod y, al final, escapó"

TN, 05/12/12

"La muerte en tapa: polémica foto del New York Post"

"Condenado", "Este hombre va a morir" son las palabras que el tabloide New York Post usó para acompañar la foto de un hombre a punto de ser arrollado por el subte en una estación de Manhattan. La tapa del diario generó una ola de indignación en Estados Unidos.

La víctima (...) fue empujado a las vías por "un hombre desequilibrado" después de una discusión en una estación cercana a Times Square.

El hombre intentó sin éxito subirse al andén de la línea de metro N-Q-R en la parada de la calle 49, y fue atropellado por el vagón. Murió en un hospital cercano.

Diario El País, 15/04/98

"Renfe debe pagar 3,3 millones a un usuario que "resbaló en un andén"

La Audiencia de Madrid ha condenado a Renfe a indemnizar con 3,3 millones a un usuario que sufrió heridas al resbalar en las "baldosas escurridizas" de un andén. El suceso ocurrió en 1992, en la entonces flamante estación de Atocha. En el juicio, Renfe se defendió alegando que la culpa de la caída estaba en los "propios zapatos" de la víctima. El abogado de la compañía tiró también de estadística y adujo que en ese mismo lugar "sólo" se habían producido "17 accidentes análogos".

Con ese dato estadístico, Renfe intentó demostrar que el número de accidentes ocurridos en el lugar "eran poquísimos" en "relación con los dos millones de personas que utilizan la estación de Atocha al cabo del año". Más que exculpatorio, el tribunal interpreta que ese dato "patentiza que el riesgo existe" en el lugar.

Revista Marcapasos, Venezuela

"Suicidios en el metro (de Caracas)

Se rompe el tabú: desde que se inauguró el Metro de Caracas en 1983 más de quinientas personas se han lanzado a los rieles. Pero casi la mitad de quienes buscaron suicidarse quedaron vivos. La otra mitad cumplió su propósito. En 2009, la cifra de arrollamientos –como llaman oficialmente a los suicidios- se multiplicó por seis: de trece ocurridos en 2008 repuntó a ochenta y nueve. A pesar de este elevado despegue, la empresa no ha diseñado un plan de prevención, así que los operadores han tenido que ingeniárselas para minimizar estas muertes voluntarias."

Ciudad de México

Esta enorme ciudad, de las más habitadas del mundo, cuenta con un sistema de metro desde hace aproximadamente 45 años. Dispone de 201 km de vías dobles, y 175 estaciones, con 106 líneas subterráneas, 53 superficiales y 16 elevadas. Su material rodante es de 364 trenes (322 neumáticos y 42 férreos) recorrió -entre enero y agosto de 2011- 23 millones de km, transportando en esos 8 meses la cantidad de 971. 942 millones de usuarios. Sin embargo, en lo referido a seguridad, solo mencionan acciones referidas a disminuir robos, delitos contra la salud, graffitis, vandalismo, fallas administrativas y otras. No se menciona nada vinculado a protecciones contra caídas en andenes -no disponen de ningún sistema al respecto- a pesar de haberse comprobado en ese lapso 30 personas arrolladas, 25 con consecuencias mortales. (Fuente: "Resultados del TC - Numeralia", edit. Sistema Colectivo de Transporte, Ciudad de México, septiembre de 2011)

Como ya se mencionó, la solución a este problema que se encontró en distintas ciudades de Europa y Asia consiste en la instalación de un sistema de puertas.

El primer metro del mundo en introducir puertas de andén para separar a los viajeros de la zona de vías, fue en 1961 en el metro de San Petersburgo.

Hasta la fecha, la tecnología ha ido evolucionando, creando diferentes tipos de puertas acristaladas que se han ido incorporando paulatinamente a otras redes del mundo. Hoy son más de 35 redes las que cuentan con alguna variante de puerta de andén en una, varias, o todas las estaciones de metro.

"Numerosas son las muertes accidentales causadas por caídas a las vías de los andenes de metro. En un intento por evitar este tipo de tragedias, Metro de Barcelona en colaboración con la ingeniería Emte Sistemas, ha puesto en marcha la instalación de un sistema pionero y experimental en su Línea 11. Se trata de un avanzado sistema de control de acceso a las vías de los andenes con el objetivo de garantizar al máximo la seguridad en los andenes (...).

La ingeniería Emte Sistemas, responsable de llevar a cabo el proyecto, ha desarrollado un sistema puertas automáticas de acceso a las vías, de forma que éstas quedarán enfrentadas con las del tren en su posición de parada en la estación, y sólo se abrirán para dar acceso, cuando el tren esté correctamente estacionado. (...) Con ello se pretende optimizar el factor de la seguridad referente al acceso a los trenes, tarea que hasta el momento recaía única y exclusivamente en la figura del conductor del tren"

La instalación de este u otros sistema similar en los subtes de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires se ve dificultada no sólo por el costo del sistema (cerca de US\$ 10.000 cada puerta), sino

también por no contar con un sistema computarizado de conducción de trenes. El sistema de manejo es manual, lo que implica que no necesariamente frenen siempre en el mismo lugar.

5. RESULTADOS

5.1. Trabajo de campo.

Se decidió relevar a la línea D de subtes de la Ciudad de Buenos Aires, a fin de trabajar sobre el modelo de una de sus estaciones.

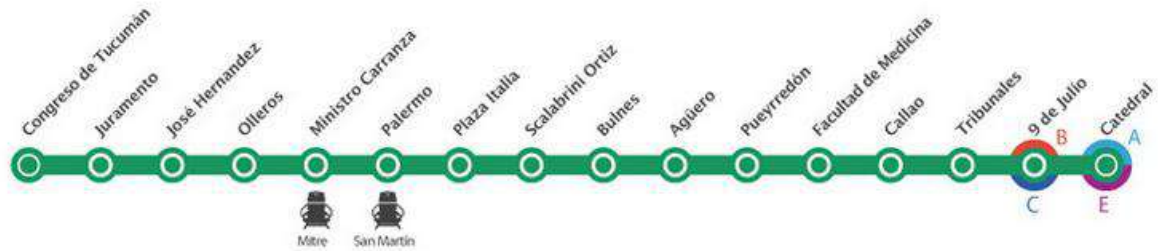


Figura 1. Esquema de estaciones de la línea D, indicando combinaciones con subtes y trenes.

Tabla 1 Síntesis de información subte línea D.

Longitud	10,4 km
Vías	2
Estaciones	16
Electrificación	1500 Vcc por Catenaria
Sistemas de seguridad	ATP
Características	Subterráneo

Descripción Técnica:

Las Formaciones de la Línea D poseen 4 puertas por vagón y un total de 6 vagones.



Figura 2. Imagen vagón actual línea D.

Relevamiento del Vagón:

Ancho = 2,6m

Largo = 17m

Distancia entre vagones = 0,63m

Altura = 2,20m

Puertas de vagón

Cantidad = 4 por vagón

Altura=1,9m

Ancho=1,6m

Relevamiento del Andén:

Largo= 106,2m

Ancho = 2,9m

Altura=4,2 a la parte más alta de la bóveda

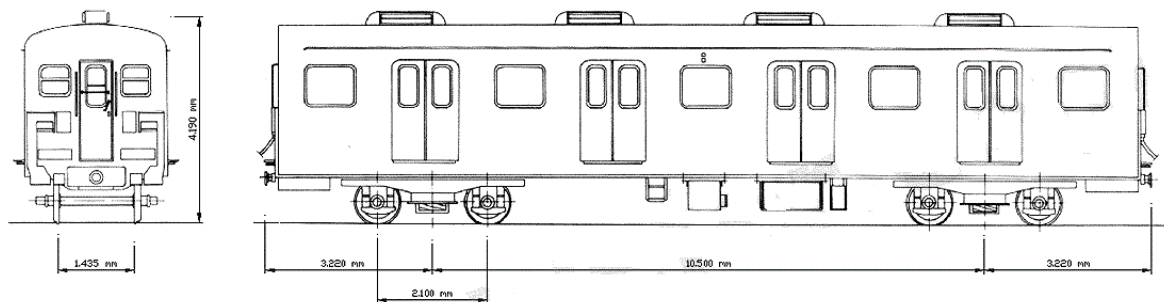


Figura 3. Relevamiento vagón línea D.

5.2. Diseño del sistema a implementar. Alternativas.

Con los estudios realizados surgieron estas primeras alternativas:

1. Un sistema conformado por paneles fijos instalados en los andenes, y puertas bajas –de 1,20 metros de altura- deberán coincidir con las puertas de los vagones. La apertura de estas puertas se realizará utilizando el movimiento del tren que arriba a la estación. En cada vagón se instalará una guía (perfil UC 6030), en la cual -al arribar el tren- se encastran los rodamientos (6204ZZ), instalados en cada una de las puertas del andén, obligándolas a desplazarse hacia abajo. Esto comprime a los amortiguadores a gas, ubicados en estas puertas, quedando cargados para que una vez que se retire la formación, estas puertas ascienden hasta alcanzar su posición de cerramiento anterior. Para resolver la separación entre los vagones se instalará una guía flexible que absorbe la deformación generada por las curvas del trayecto.

Sobre el andén quedaran instaladas las puertas específicamente ubicadas, que coinciden con las puertas de los vagones, y en el resto del andén se montará una estructura rígida de paneles de acrílico de 20 mm la cual servirá como espacio publicitario.

Esta propuesta admite evitar las puertas dado lo complejo de hacer coincidir las puertas del tren con las del andén, debido al manejo manual y a las diferencias de modelos de vagones. En este caso se puede hacer móvil a todo el panel, sin que el aumento del costo sea demasiado representativo.

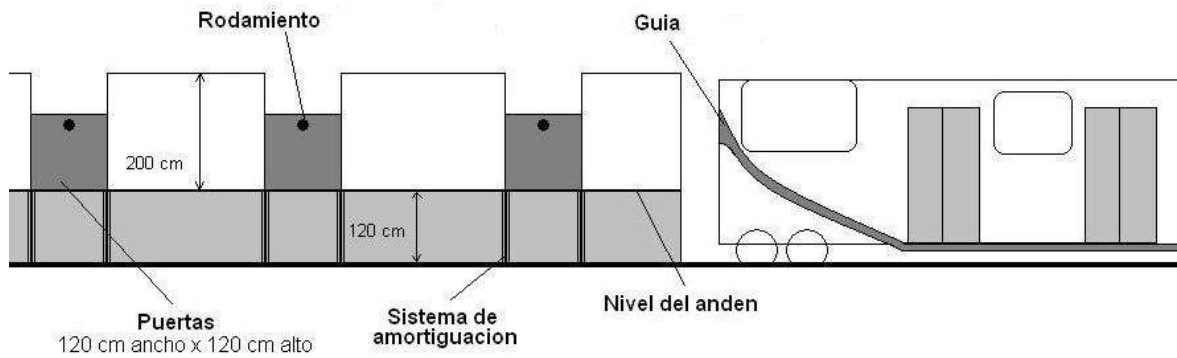
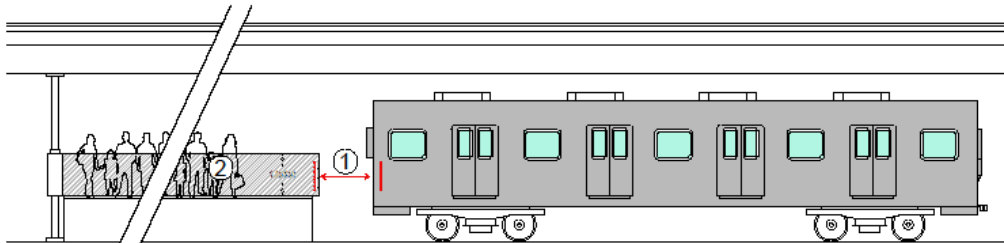


Figura 4. Esquema propuesta 1.

2. Un sistema conformado por un panel elástico enrollable dispuesto verticalmente. Al arribar el tren a la estación, una guía instalada en el tren engancha el panel al mismo, y a medida que avanza, se va enrollando en una bobina ubicada en el otro extremo del andén. Al retirarse el tren de la estación, se suelta el panel de cierre del andén, y mediante sistema de resortes y guías, el mismo vuelve a su posición original.

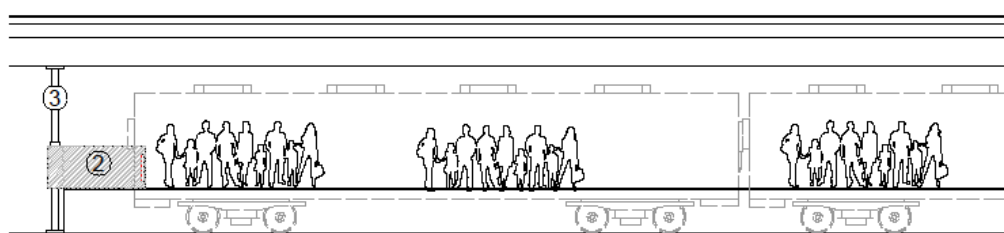
Esta alternativa puede combinarse reemplazando el sistema enrollable por un sistema de persianas plegables, que será evaluado convenientemente a fin de encontrar la solución que mejor responda a las necesidades enunciadas.

POSICIÓN 1



1. Guía en panel que engancha con la guía ubicada en el primer vagón del tren.
2. Panel elástico enrollable, rigidizado mediante guía inferior ubicada en el piso del andén.

POSICIÓN 2



2. Panel elástico enrollable, rigidizado mediante guía inferior ubicada en el piso del andén.
3. Bobina receptora de panel elástico

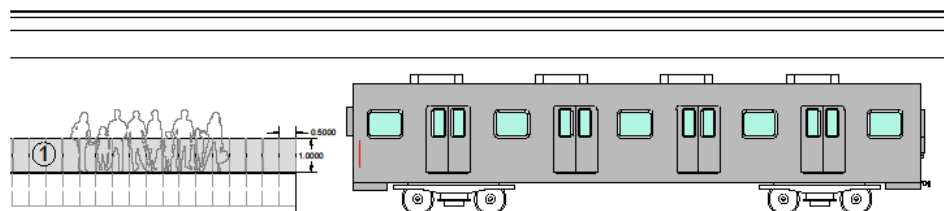
Figura 5. Esquema propuesta 2.

3. Un sistema compuesto por paneles que suben y bajan. Estos permanecen elevados –a una altura de 1,00m- mientras el tren no está. Cuando la formación se aproxima, a medida que ingresa al andén, una palanca ubicada adelante en el primer vagón va empujando hacia abajo a los paneles –de 50cm de ancho- que van bajando uno a uno por la presión que hace la palanca ubicada en el tren. Cuando llegan abajo quedan trabados, liberando entonces el acceso a los vagones.

Cuando el tren continúa la marcha, otra palanca ubicada esta vez en el último vagón va destrabando uno a uno los paneles que se encontraban abajo, ascendiendo estos lentamente por

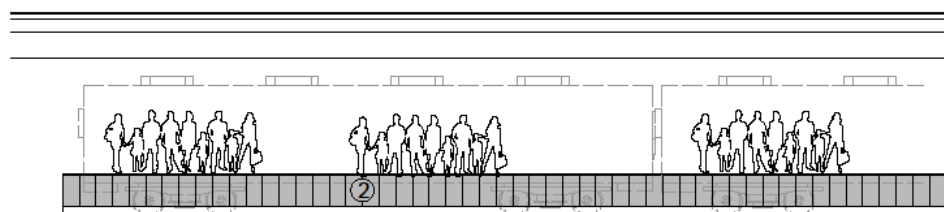
un sistema de resorte y amortiguador, de modo que otra vez vuelven a quedar los paneles a modo de baranda en el andén hasta que llegue el próximo tren.

POSICIÓN 1



1. Panel desplazable construido en material reciclable. Posición superior.

POSICIÓN 2



1. Panel desplazable construido en material reciclable. Posición inferior.

Figura 6. Esquema propuesta 3.

Estas propuestas, como otras que puedan surgir durante el proceso de investigación, parten del concepto de aprovechar la energía del movimiento del tren para evitar motores o sistemas automáticos más sofisticados y costosos. Además no necesitamos de complejas obras civiles, ya que pueden implementarse inmediatamente, dado que se adaptan a todas las estaciones y formaciones de trenes, resultando entonces opciones de bajo costo inicial, y también de mantenimiento por no utilizar sistemas electrónicos complejos.

6. CONCLUSIONES

Tanto subtes como trenes son el transporte público más elegido por los habitantes de áreas urbanas, y en consecuencia la red de este tipo de transporte crece considerablemente en esta y otras partes del mundo.

Asimismo, hemos comprobado que en diversas ciudades importantes del mundo se están instalando sistemas de puertas para mantener seguros a los pasajeros mientras esperan el tren.

Si bien este sistema puede ser incorporado en la construcción de nuevas estaciones, comprobamos que su alto costo de instalación y de mantenimiento es una traba para instalarlo en la red de subtes ya existente en nuestra ciudad de Buenos Aires.

Por esto, consideramos que este trabajo da una nueva respuesta al problema, utilizando una tecnología sencilla y accesible para obtener similares resultados. En definitiva, utilizamos una tecnología en apariencia más antigua a la implementada actualmente en otros países del mundo, pero que no por eso será obsoleta.

Si bien como ya se dijo estamos en la etapa de inicio del proyecto de investigación que da origen a este trabajo, ya podemos establecer comparaciones que favorecen la adopción de nuestra propuesta.

Así, por ejemplo, si suponemos una formación de 5 vagones tendremos que instalar 20 puertas automáticas (u\$s10.000 c/u), con un total de u\$s 200.000. Pero si sumamos a esto el costo de los cerramientos fijos de aluminio y vidrio -necesarios para toda la estación- tendremos que sumar al menos u\$s 100.000 mas.

En tal sentido, el costo total estimado para instalar un sistema similar al de las estaciones de otros países –que ya mostramos- rondaría los 300.000 dólares para una sola estación.

Como vemos, estos valores hoy en día están fuera del alcance de las posibilidades del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

Se busca no considerar las soluciones conocidas como únicas, investigando y analizando nuevas propuestas para resolver eficientemente este problema, mediante tecnologías más sencillas, y por lo tanto, con menor costo.

Es importante destacar que esta mejora en la seguridad en andenes que buscamos implementar, no sólo hace al buen transporte de los pasajeros, sino también mejora notablemente las condiciones de trabajo de los conductores y guardas de subtes y trenes. Hoy el conductor es el único responsable, capaz de evitar un trágico accidente por caída de personas del andén, y la mayoría de las veces, esta posibilidad no está a su alcance. Por esto, no sólo se ve afectado el pasajero, sino también, este tipo de accidentes generan secuelas imborrables en el personal abocado a la conducción de subtes y trenes.

En función a lo antedicho la contribución de un proyecto como el que se propone impactaría en varios ámbitos, pero principalmente en:

Mejorar la seguridad vial:

Consiste en la prevención de accidentes de tránsito o la minimización de sus efectos, especialmente para la vida y la salud de las personas, cuando tuviera lugar un hecho no deseado de tránsito. También se refiere a las tecnologías empleadas para dicho fin en cualquier medio de desplazamiento terrestre.

Mejorar las condiciones de trabajo:

Evitar las consecuencias que todo accidente -fatal o no- involuntario puede generar en empleados vinculados al sistema ferroviario.

Mejorar el servicio ferroviario:

Cada accidente que se produce en las vías y andenes viene acompañado por una interrupción temporaria del servicio, afectando a un número creciente de usuarios.

Teniendo en cuenta la magnitud de los accidentes ferroviarios que se vienen suscitando en los últimos años en nuestro país, se podría considerar que el porcentaje de accidentes generados por la ausencia de protecciones en los andenes es menor. En tal sentido y si bien es cierto que el transporte ferroviario de nuestro país requiere grandes inversiones, y cuenta con años de falta de mantenimiento y actualización, ningún accidente que implique al menos una muerte puede ni debe despreciarse.

Asimismo, se busca también demostrar que la solución de un problema puede darse sin la necesidad de grandes inversiones o tecnologías sofisticadas, sino aplicando el ingenio para cambiar los paradigmas actuales, aprovechando al máximo elementos existentes en las estaciones y los demás recursos disponibles.

7. REFERENCIAS

- Sin autor (13/09/2005). Condenan a TBA por la inseguridad en andenes. Diario Judicial. Obtenido de http://www.diariojudicial.com/contenidos/2005/09/14/noticia_0001.html
- Liliana Caruso (03/11/2011). Persiguió a su agresor en el subte y murió arrollado. Diario Clarín. Obtenido de http://www.clarin.com/politicales/Persiguio-asaltante-subte-murio-arrollado_0_584341675.html
- Sin autor (05/12/2012). La muerte en tapa: polémica foto del New York Post. .Todo Noticias. Obtenido de http://m.tn.com.ar/internacional/la-muerte-en-tapa-polemica-foto-del-new-york-post_290141
- José Antonio Hernández (15/04/1998). Renfe debe pagar 3,3 millones a un usuario que "resbaló en un andén". Diario El País. Obtenido de http://elpais.com/diario/1998/04/15/madrid/892639461_850215.html
- Sabrina Segovia. Suicidios en el metro (de Caracas). Revista Marcapasos. Obtenido de <http://revistamarcapasos.com/2397/suicidios-en-el-metro-de-caracas/>
- Ezequiel Spillmann. Subte: con la publicidad se podrían comprar 20 coches. Diario Perfil. Obtenido de <http://www.perfil.com/ediciones/politica/-20127-696-0066.html>

Influencia de la Resiliencia en Proyectos Asociativos para el Desarrollo Productivo

Tolon Estarelles, Pedro.

UTN Regional Córdoba. GINGEOS-Grupo de Investigación e Innovación en Gestión Estratégica Organizacional Sustentable. Secretaria de Ciencia y Tecnología-FRC-Miembro investigador del proyecto TOUTICO0002415TC .Director: Ing. M. Tavella

pedrotolon@yahoo.com.ar

1. Resumen

Las decisiones de una empresa tipo PYME enfocadas a lograr objetivos ubicados en horizontes de mediano y largo plazo son críticas y dependen de la conducta y el comportamiento en la toma de decisión en los niveles de dirección, que no siempre presentan características de Racionalidad y esto deriva en resultados que están alejados de lo que debiera ser una solución óptima o cercana al óptimo factible.. Este efecto es frecuente en organismos con Resiliencia de tipo negativo.

Este artículo propone poner en evidencia un conjunto (no exhaustivo) de variables endógenas y exógenas a las PYMES que condicionan el tipo de Resiliencia (negativa o positiva) que las caracterice, afectando la existencia de proyectos asociativos, en contextos territoriales y de afinidad de procesos productivos. En particular, se analiza la influencia de variables endógenas críticas, tales como el nivel de desarrollo organizacional, la capacidad de gestión de conocimiento, entre otras, y la influencia de variables exógenas determinantes, tales como instituciones de apoyo de conocimiento, transferencia tecnológica y fuentes de financiación.

2. Palabras clave

Resiliencia. Desarrollo Organizacional. Gestión del Conocimiento. Instituciones de apoyo externas.

1.1 Abstract

The decisions of an PYME-type company focused on achieving objectives located in medium- and long-term horizons are critical and depend on behavior and decision-making behavior at management levels, which do not always have characteristics of Rationality and this derives in results that are far from what should be an optimal solution or close to the feasible optimum. This effect is frequent in organisms with negative resilience.

This article proposes to show a set (not exhaustive) of endogenous and exogenous variables to SMEs that condition the type of Resilience (negative or positive) that characterizes them, affecting the existence of associative projects, in territorial contexts and affinity of processes productive. In particular, we analyze the influence of critical endogenous variables, such as the level of organizational development, knowledge management capacity, among others, and the influence of exogenous variables such as knowledge support institutions, technology transfer and sources of funding.

2.1 Key words

Resilience. Organizational development. Knowledge Management. Innovation. External support institutions.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo:

Se quiere probar cómo las variables que son afectadas por la naturaleza de la Resiliencia Organizacional en empresas PYME influyen sobre la posibilidad de generar modelos asociativos para el desarrollo territorial productivo.

1.2 Alcances del trabajo

El alcance del objetivo de este estudio es el que abarca el ámbito del sector de producción de bienes y servicios, donde el desarrollo está vinculado a los procesos de integración horizontal y vertical de las cadenas de valor.

1.3 Metodologías de indagación

1.3.1 Metodología Metaplan y de encuestas estructuradas, aplicados a niveles de no más de 12 integrantes de los niveles de decisión directivo y gerencial, con medición de escala Likert.

1.3.2 Metodologías de diagnóstico de resultados obtenidos en la indagación comparados contra resultados tipificados de referencia de medida deseable, para cuantificar intensidad de pertenencia o membrecía en cada una de las variables clave estudiadas.

1.4 Glosario específico de las variables clave consideradas:

1.4.1 Resiliencia (Rn) :

Este concepto surgió de la ciencia y el arte de la ingeniería aplicada al estudio de materiales y se refiere, en ese contexto, a la energía de deformación (por unidad de volumen) que puede ser recuperada de un cuerpo deformado – dentro del período elástico- cuando cesa el esfuerzo que causa la deformación.

En el contexto de Sistemas Ecosociales Complejos, al cual pertenecen las organizaciones PYME y sus conjuntos o “clusters” de cadenas de valor interrelacionadas afines, se interpreta la RESILIENCIA como la capacidad que tiene la organización para sobreponerse a resultados adversos, reorganizando sus vínculos internos y generando una homeostasis colectiva que favorezca una sinergia positiva de sus capacidades.

Sin embargo esta capacidad está fuertemente determinada a su vez por dos factores: La naturaleza positiva o negativa de la Resiliencia y el nivel de Desarrollo Organizacional Integral que tiene la PYME en un momento dado de su trayectoria dentro del horizonte de su proyecto de Negocio.

En este artículo, definiremos “Resiliencia negativa” (Rn) a la propensión que puede presentar una organización a resistir la introducción de normas de conducta, especialmente en la modalidad de analizar situaciones y la toma de decisiones, que mejorarían el resultado a mediano y largo plazo del desempeño y por ende, del desarrollo sustentable de la organización.

Esta resistencia al cambio , es función de múltiples factores, entre ellos, la ignorancia acerca de la conveniencia de modificar la conducta en el comportamiento en la gestión, la lógica del pensamiento crítico aplicado a decisiones, el temor ante cualquier cambio en las reglas de juego establecidas formal

o informalmente, la naturaleza de la cultura histórica de la organización y esencialmente, la carencia de pro actividad y desarrollo organizacional - en términos de acervo de conocimiento- de los agentes internos. Todo se resume en gran medida en la *carencia* de Desarrollo Organizacional y Gestión de Conocimiento.

Por el contrario, definiremos como "Resiliencia positiva" (Rp), a la que presenta todo lo que no es la Resiliencia negativa, especialmente, la capacidad de reorganización autopoietica de los vínculos organizacionales y de la cultura interna para fortalecerse y ser proactivo al cambio, ante distintos factores exógenos de perturbación. Recordar la expresión de F. Nietzsche [9] "*Lo que no me mata, me fortalece*"...

1.4.2 Desarrollo Organizacional (DO)

El Desarrollo Organizacional es el resultado generado, a través de la vida de una organización, por la existencia de un Proceso de Análisis Estratégico, que en ciertas escuelas de pensamiento estratégico se articula a través de cuatro ejes de acción:

- Desarrollo de la Propuesta de Valor y del Plan de Negocios de la organización (Propósito, Misión/Misiones por unidad de negocios, Visión global explícita , Objetivos a mediano y largo plazo)
- Desarrollo de la estructura organizacional capaz de sustentar en tiempo, forma y calidad el Plan de Negocios (Organización, acervo de conocimientos claves de gestión necesarios, definición de clima organizacional adecuado, forma de comportamiento en la gestión, organigramas canónicos , sistemas de costos, soporte informático.)
- Desarrollo de la Tecno estructura (Procesos globales, diagramas analíticos de proceso , logística, planta y equipos, instalaciones, edificios, programación de producción, Programas de puesta en marcha y memoria de inversiones necesarias.
- Análisis de fuentes y aplicaciones de fondos : Fuentes posibles y orden de prioridad para acceder a fondos (Utilidades, aportes de accionistas, créditos comerciales, créditos bancarios, créditos internacionales. Aplicaciones de recursos financieros escasos optimizando el resultado en términos de indicadores económicos y financieros de un tablero de control Dirigencial.

En particular, el **(DO)** significa, para una PYME, adecuar el desarrollo, funcionamiento y efectividad de la organización y su estructura a lograr la sustentabilidad del proceso que permita cumplir los objetivos planteados en una estrategia a un horizonte de mediano o largo plazo del proyecto de empresa.

Las características que identifican el grado de capacidad de Desarrollo Organizacional son:

- Definir claramente los indicadores que indican a los accionistas o dueños de la compañía el resultado de la evolución periódica del negocio,
- Grado de *capacidad de pensamiento estratégico de la Conducción superior*, y de las relaciones humanas con todo el personal propio de la compañía, especialmente, el desarrollo de aptitudes y actitudes de gestión eficiente.
- Saber desarrollar relaciones sinérgicas y asociativas positivas con el entorno ("Stakeholder") crítico para la compañía (los clientes y proveedores
- Posicionar a la PYME, en su contexto socioeconómico como generador de externalidades positivas (medio ambiente, compromiso social,) vinculadas con el paradigma de Responsabilidad Social Empresarial.

Todas estas características son fundamentales para la construcción y crecimiento del valor de la compañía, a través de su Marca.

Existen en la práctica profesional, varios instrumentos de medición cuali-cuantitativa que permiten definir cuál es, en un momento dado de la vida de la compañía, el nivel de Desarrollo Organizacional en distintas funciones que son críticas para la conducción y gestión. (Becker, G) [2] (Schultz) [11] Esto da lugar, a un diagnóstico de situación actual y acciones posibles para salvar la brecha a las metas deseables.

1.4.3 Gestión de Conocimiento (GC)

En este artículo, se adopta el enfoque de Yogesh Malhotra [16]:

“Es la capacidad de gestionar e integrar los saberes de distintos campos cognitivos, integrando procesos conducentes a resultados. Los resultados generan conocimiento integrado” “Es el proceso que busca la sinergia del tratamiento de DATOS e INFORMACIÓN a través de las capacidades de las Tecnologías de Información, en conjunto con las capacidades de creatividad e Innovación de las personas”.

1.4.4 Ingeniería de Conocimiento (IC)

El concepto anterior queda subrogado al concepto de Ingeniería de Conocimiento, que se define r como la capacidad y el arte de integrar la formalización, representación y ejecución de los procesos generadores de conocimientos.

Esta disciplina forma parte de la Inteligencia Artificial, que tiene por objeto diseñar y desarrollar sistemas expertos, integrando metodologías de instrucción y ciencias de la computación y de la información, tratando de emular el conocimiento y razonamiento humano en un determinado dominio. (Meschino y Passoni, I.) [6]

Sin embargo, es esencial la integración con la capacidad de generar comportamientos humanos en la gestión proactivos, participativos y analíticos. (Campitelli) [3]

1.4.5 Innovación (I)

Este concepto está vinculado al establecimiento de una nueva forma de organizar la producción, en relación a las dotaciones de capital y trabajo, (Cobb, & Douglas) [4], (Solow) [12]. Según este enfoque, las invenciones e innovaciones son la clave del crecimiento económico. Sin embargo, el proceso sistemático de desarrollo de innovación, está centrado en la unidad productora de bienes y servicios, quién debe asumir riesgos, al tener expectativas de resultados futuros ante la inversión de acervo de capital humano, financiero y tiempo en el presente. (Solow) [11] Este factor, junto con el de la cultura proactiva existente, determina el potencial de “emprendedorismo” de una compañía.

Una invención parte de ideas que pueden llegar a una etapa de prototipo piloto, mientras que la innovación ofrece respuestas concretas, a través de un proceso de producción, solucionando un problema o necesidad. Es posible desarrollar indicadores cuali-cuantitativos que miden el grado de innovación en un país, y de hecho, es posible hacerlo también a nivel de una compañía específica, ya sea PYME o no

1.4.6 Cooperación (Co)

Se produce el fenómeno de cooperación, especialmente entre compañías PYME, como resultado de estrategias concurrentes aplicadas al logro de objetivos de interés común. Surgen métodos colaborativos y asociativos. El caso más típico es el de cooperativas de adquisición de insumos (panaderos con respecto a molineros). En este artículo se supone que cada PYME busca el beneficio propio. Esta hipótesis permite analizar la cooperación como un fenómeno no necesariamente basado en la preocupación por los demás o del bienestar del grupo en conjunto.

Este enfoque permite estudiar formas de cooperación basadas en la teoría de juegos (Morgenstern, Von Neumann) [6]. En especial la teoría de juegos competitivos con cooperación (Teorema de Nash) [7]

La cooperación es la antítesis de la competencia pura. Sin embargo, hay estudios que prueban la conveniencia de estructuras cooperativas en la fase temprana de crecimiento, para luego entrar en procesos de competencia, en la fase madura de evolución de las compañías, dentro de un dominio de intereses similares o “clúster”

1.4.7 Instituciones de apoyo clave en el contexto externo (IAEx)

Esta es una variable exógena que influye fuertemente en la potenciación de proyectos asociativos para el desarrollo productivo. Podemos citar, entre otras instituciones:

- Universidades públicas y privadas, con capacidad de procesos de extensión, transferencia tecnológica y secretarías de Ciencia y Técnica en proceso regular (maduro) de gestión (UTN, por ejemplo)
- Institutos nacionales de Tecnología (INTI, tecnología industrial, INTA, tecnología agropecuaria)
- Instituciones facilitadoras de financiación (subsidios o créditos) , como el FONTAR Y FONSOFT, (Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación)

Esta última institución ofrece:

Subsidios: Para actividades de desarrollo de I + D, para el desarrollo de productos, innovación de productos y procesos, Investigación aplicada y puesta en marcha de planta piloto. (ANR PDT, ANR, ANR TEC, ANR I+D)

Créditos: Para adquisición de equipos y de tecnología superior, automatizaciones, Tecnologías de Gestión y Control de Calidad e Integración Vertical (FIT PDP, FIT AP, CAE, CFMT)

En especial el FIT AP es justamente un crédito pensado para fortalecimiento de la innovación Tecnológica en Aglomerados Productivos ("Clústers")

2. DESARROLLO

Este artículo propone desarrollar una medida de la potencialidad de Proyectos Asociativos para el Desarrollo Productivo, como función de las variables anteriormente expuestas, tal como :

$$PPA = F_1 (R, IAEx) \quad (1)$$

Donde

PPA Es la Potencialidad de Proyecto Asociativo,

R Es la resiliencia (positiva o negativa) que posee la organización.

IAEx es la existencia de Instituciones de Apoyo clave externas

Pero a su vez, la Resiliencia, por lo planteado en la Introducción, es expresable como:

$$R = F_2 (DO, GC, IC, I, Co) \quad (2)$$

Puede observarse que IAEx es una variable de tipo exógeno a la PYME, por lo cual no se incluye en esa función

Se utilizará una forma de representación lineal de la función , con coeficientes de incidencia relativos α_i , que asignan un peso relativo a cada variable, sobre una escala $-P$, tal que

$$\alpha_i \in [Pi] \cap [Pi] = [1,100](\%) \text{ tal que } \sum Pi = 100 (\%) \quad (3)$$

El peso relativo de Pi surge de un proceso de ponderación participativo entre dirigentes de PYMES, en el contexto sectorial específico analizado.

$$R = \alpha_1 DO + \alpha_2 GC + \alpha_3 IC + \alpha_4 I + \alpha_5 Co \dots \quad (4)$$

A su vez, cada una de la variables puede ser ponderada a través de metodologías de indagación por encuestas de preguntas estructuradas utilizando escala Likert de 1 a 5 sobre su grado de membrecía a la naturaleza de la variables, donde 5 indica el más alto valor estimado y 1 el mínimo

A fin de que la conclusión de esta primer versión de investigación del tema pueda dar lugar a conclusiones taxativas de carácter binario sobre la naturaleza de la Resiliencia (positiva o negativa) con que resultada evaluada una Organización PYME, se propone asociar el Resultado de la Evaluación de R a un conjunto dicotómico $[R_n, R_p]$ tal que:

$$R \rightarrow R_p \quad \forall R \in [3 \leq R \leq 5] \quad (5)$$

$$R \rightarrow R_n \quad \forall R \in [1 \leq R < 3] \quad (6)$$

Luego- definimos en forma explícita la Potencialidad de Proyecto Asociativo (PPA) de una organización PYME:

$$PPA = F_1(R) \rightarrow \begin{cases} \exists \text{ posibilidad de PPA si } R \rightarrow R_p \\ \nexists \text{ posibilidad de PPA si } R \rightarrow R_n \end{cases} \quad (7)$$

Puede observarse que la condición para que exista PPA es que exista Resiliencia Positiva en la Organización Pyme es necesaria.

Sin embargo no es condición suficiente ya que por la expresión (1), debe además existir el apoyo de Instituciones de Apoyo Externo. (IAEx)

Este enfoque nos permite utilizar lógica posibilística de Kripke para formular el problema:, desde el punto de vista de las variables endógenas propias de la Organización.

2.1. Introducción a la Lógica Modal de Kripke aplicable a este contexto

En forma introductoria, se planteará una aproximación, aplicable a este campo específico de una lógica modal, ensayando modelos de Kripke [1] como posibles escenarios (o "Mundos de Kripke") Kripke [] .

Formalmente, se define el modelo:

$$M = (X, a, R, V) \quad (8)$$

cuyos componentes son: el conjunto de índices X (*escenarios*), un índice cualquiera $a \in A$, una relación binaria R de índices y una función V que asigna una valuación $V(x)$ a cada índice x , y con eso una función de valuación $V(x)(A)$ a cada índice x y conjunto A . El índice (escenario) a se puede pensar como una representación de una realidad dada.

La relación R se puede pensar en términos de una representación de una posibilidad relativa.

Entonces, será x tal que aRx representa el conjunto de posibles escenarios.

De la misma forma, y para cualquier x cumple aRx y xRy , representando el conjunto de escenarios posiblemente posible, y así siguiendo. z tal que para cada x e y cumple aRx , xRy y yRz , representando el conjunto de escenarios posibles posiblemente posibles.

Así, los índices en el conjunto X representan escenarios posibles.

2.2. Formalización de la definición de la función de valuación en un índice (Escenario) del modelo

$$(0) \quad \forall \text{ proposición } A, A \text{ es Verdadera en } x \text{ en } M \text{ sii } V(x)(A) = V \text{ (verdadera)}$$

$$(1) \quad \bar{A} \text{ es } V \text{ en } x \text{ en } M \quad \text{sii} \quad A \text{ no es } V \text{ en } x \text{ en } M$$

- (2) $A \cap B$ es V en x en M sii A es V en x en M y B es V en x en M
- (3) $A \cup B$ es V en x en M sii A es V en x en M ó B es V en x en M
- (4) $A \rightarrow B$ es V en x en M sii A es V en x en M , entonces B es V en x en M
- (5) ΩA es V en x en M sii $\forall y$ con xRy , A es V en y en M
- (6) ΨA es V en x en M sii para algún y con xRy , A es V en y en M
- (7) Donde ΩA y ΨA significan, respectivamente que
- (8) ΩA es V en M sii *necesariamente* A es V en M
- (9) ΨA es V en M sii *posiblemente* A es V en M

2.3 Aplicación al campo específico de análisis de las PYMES

Denominaremos “Escenario” **X** en el campo específico, a toda posible combinación de variables determinantes del valor de Resiliencia de una PYME .

Aplicando el Modelo, se postula:

- (0) Existe para un escenario X en M un conjunto [PPA] de estados posibles de organizaciones con PPA.

Esta proposición es V (verdadera) en todo escenario X.

- (1) No es verdadera la no existencia de un estado posible de PPA para alguna PYME
- (2) Sea [NPPA] el conjunto de Estados no pertenecientes a PPA en los cuales no es posible la existencia de PPA
- (3) Se cumple.
- (4) Se cumple.
- (5) *Necesariamente* existirán estados PPA pertenecientes a [PPA] para cualquier escenario posible.
- (6) *Posiblemente* existirán estados PPA, pertenecientes a [PPA] que *serán alcanzables* si las PYMES relacionadas a esos estados aseguran niveles de Resiliencia positiva (Rp) que aseguran procesos proactivos y autopoieticos estables en el horizonte de su proyecto de negocios.

2.4 Metodologías de Indagación, Medición y Comparación sobre casos específicos de PYMES

Las tablas 1 a 4 explicitan la aplicación de encuesta estructurada, en un muestra de 10 participantes de nivel Dirigencial y mandos medios de una PYME, La escala utilizada es de tipo Likert, de 1 a 5 y el histograma en cada caso de PYME (Casos 1 y 2) , indica el grado de competencia organizacional percibido y existente en cada uno de los casos. (El caso 1 ,con bajo grado de competencias, el caso 2 con grado aceptable (mas de 3 puntos en escala de evaluación)

La Tabla 5 es la síntesis del diagnóstico de los dos casos.

La Tabla 6 explicita dos asignaciones posibles de Peso relativo α_i , para cada variable

Las Tablas 7 y 8 explicitan el resultado de aplicación de las ecuaciones (4), (5), (6) y (7)

Tabla 1. Encuesta Caso 1

OPINION SOBRE GRADO DE COMPETENCIAS ORGANIZACIONALES EXISTENTES HOY EN SU ORGANIZACIÓN												
#	tamaño de muestra	10										
M:		10										
			<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><th colspan="4">Puntuación de Prioridades</th></tr> <tr> <th>ALTA</th> <th>MEDIA</th> <th>BAJA</th> <th>TOTAL</th> </tr> </table>		Puntuación de Prioridades				ALTA	MEDIA	BAJA	TOTAL
Puntuación de Prioridades												
ALTA	MEDIA	BAJA	TOTAL									
1	DESARROLLO ORGANIZACIONAL (DO)	1	4	5	2,2							
2	GESTION DEL CONOCIMIENTO (GC)	2	3	5	2,4							
3	INGENIERIA DEL CONOCIMIENTO (IC)	3	3	4	2,8							
4	INNOVACION (I)	1	5	4	2,4							
5	COOPERACION CON OTRAS FIRMAS	3	3	4	2,8							

Tabla 2: Diagnóstico resultante de Encuesta _Caso 1

Enc. AS-1		
OPINION SOBRE GRADO DE COMPETENCIAS ORGANIZACIONALES EXISTENTES HOY EN SU ORGANIZACIÓN		
10	tamaño de muestra	10

1	DESARROLLO ORGANIZACIONAL (DO)	2,2
2	GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO (GC)	2,4
3	INGENIERIA DEL CONOCIMIENTO (IC)	2,8
4	INNOVACIÓN (I)	2,4
5	COOPERACIÓN CON OTRAS FIRMAS	2,8
6	0	0,0
7	0	0,0
8	0	0,0
9	0	0,0
10	0	0,0
11	0	0,0
12	0	0,0

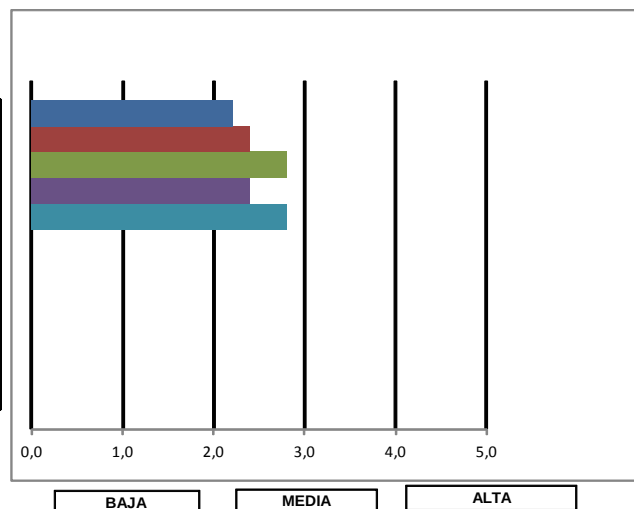


Tabla 3: Encuesta – Caso 2

Enc. AS-1

OPINION SOBRE GRADO DE COMPETENCIAS ORGANIZACIONALES EXISTENTES HOY EN SU ORGANIZACIÓN

tamaño de muestra10

M:10

Puntuación de Prioridades			
ALTA	MEDIA	BAJA	TOTAL
1	DESARROLLO ORGANIZACIONAL (DO)	451	3,6
2	GESTION DEL CONOCIMIENTO (GC)	451	3,6
3	INGENIERIA DEL CONOCIMIENTO (IC)	334	2,8
4	INNOVACION (I)	433	3,2
5	COOPERACION CON OTRAS FIRMAS	136	2,0

Tabla 4. Diagnóstico resultante de Encuesta Caso 2

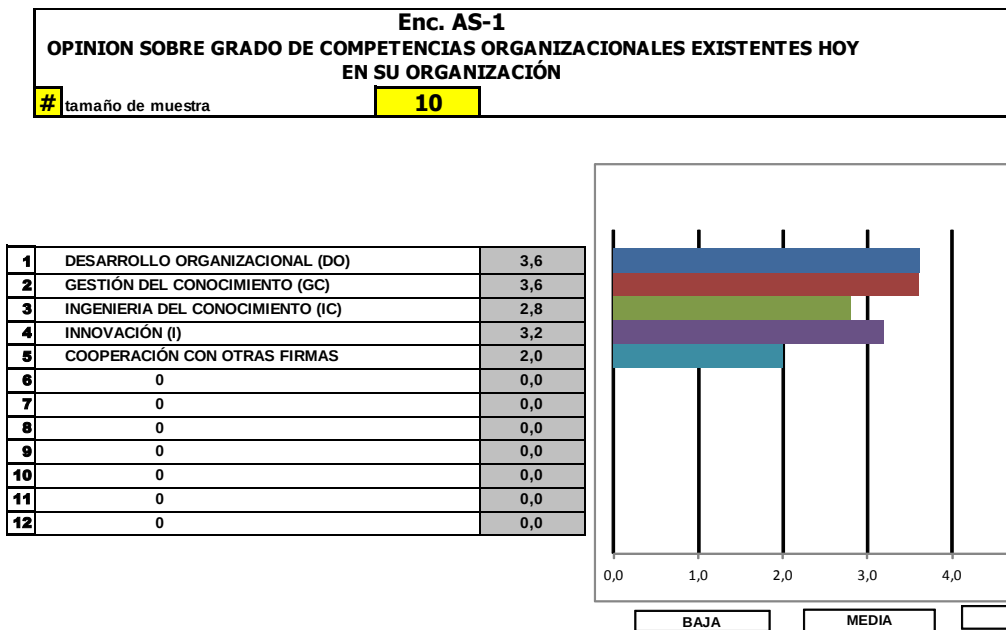


Tabla 5: Síntesis del Diagnóstico para los dos casos 1 y 2

Resultado de la encuesta para caso 1 y 2

CASO 1			CASO 2
1	DO	2,2	3,6
2	GC	2,4	3,6
3	IC	2,8	2,8
4	I	2,4	3,2
5	C	2,8	2,0

Tabla 6: Asignación de peso relativo α_i ,

VARIABLES		Pi	100%
		A	B
		Igual peso	Dist. Peso
1	DO	20,0%	35,0%
2	GC	20,0%	30,0%
3	IC	20,0%	10,0%
4	I	20,0%	20,0%
5	C	20,0%	5,0%
		100%	100%

Tabla 7 : Evaluación de pertenencia de Resiliencia negativa

		CASO 1 (con A y B)	
1	DO	0,4	0,8
2	GC	0,5	0,7
3	IC	0,6	0,3
4	I	0,5	0,5
5	C	0,6	0,1
<i>R</i>		2,5	2,4
		<i>Rn</i>	

Figura 8: Evaluación de pertenencia de Resiliencia positiva

CASO 2 (con A y B)

1	DO	0,7	1,3	
2	GC	0,7	1,1	
3	IC	0,6	0,3	
4	I	0,6	0,6	
5	C	0,4	0,1	
R		3,0	3,4	Rp

3. CONCLUSIONES

- 3.1 La investigación se realizó en un colectivo de empresas industriales y de servicios PYME en un contexto territorial específico, con existencia de Instituciones de Apoyo Externo.
- 3.2 Los resultados obtenidos en esta etapa de la investigación, con la metodología de encuestas y diagnóstico sobre dos casos 1 y 2 de PYMES, *con bajas y altas evaluaciones ,respectivamente*, en las variables de los que depende R en dos escenarios de ponderación A y B , de los coeficientes α_i ,parecen corroborar que :
- 3.3 La condición necesaria para que sea posible un Potencial de Proyecto Asociativo en el contexto de PYMES es que pueda asignarse claramente (dicotómicamente) a su organización su pertenencia a la naturaleza positiva de su Resiliencia Organizacional y esta asignación depende de variables endógenas clave propias de la organización
- 3.4 Sin embargo, la condición de suficiencia viene dada por la existencia (en esta investigación se cumple) de que existan Instituciones de Apoyo Externo favorecedoras del desarrollo de Proyectos Asociativos (Universidades, Instituciones de apoyo Gubernamental, como FONTAR, INTI, INTA)

4. BIBLIOGRAFIA

1. ARROW, KENNETH. Opciones sociales y toma de decisiones mediante criterios múltiples. Alianza Editorial.
2. BECKER, GARY *Human capital*. University of Chicago Press. 1993. ISBN 9780226041209.
3. CAMPITELLI, ROBERTO, (2008) *De Babel a la Asamblea*, mezqueta.com.ar/desarrollo/campitelli/prologo.htm
4. COBB, C.W. & DOUGLAS, P. H. (1928) "A Theory of Production", *American Economic Review* 18 (supplement): 139-165.
5. KRIPKE, S.,(1959) "A completeness theorem in Modal Logic, *Journal of Symbolic Logic*, 24: 1-14
6. MESCHINO, GUSTAVO J. ; NABTE, MARCELA; GESUALDO, SEBASTIAN; MONJEAU, JORGE ADRIAN, PASSONI, ISABEL (2013) "Fuzzy Tree Studio: a tool for de design of the Scorecard for the Management Protected Areas Soft Computing for Business Intelligence. Berlin, p.99-112
7. Morgenstern O. (1956) "Generalization of the von Neumann Model of an Expanding Economy", con J.G. Kemeny and G.L. Thompson, *Econometrica*
8. NASH, John F., (1996) *Essays on Game Theory*, Edward Elgar Publishing, 1996, 91 pp. 98
9. NIESTZSCHE, F. (2009) (*Volumen II: Así habló Zaratustra. Más allá del bien y del mal.*, Madrid: Editorial Gredos
10. Sánchez, F. y otros (1993). *Psicología social*. Madrid: McGraw-Hill.
11. SCHULTZ, T. Investment in Human Capital: The Role of Education and of Research, New York: Free Press.
12. SOLOW, R. (1957); Technical Change and the Aggregate Production Function, Pp. 312-320,
13. TOLÓN ESTARELLES, Pedro y SAGULA, Jorge E. (2007); Modelo Decisional Proactivo en Sistemas Ecológicos (MODEPEC), *Revista de Ingeniería Industrial*, Año 6 Nº 1, Segundo Semestre 2007; Departamento de Ing. Industrial de Universidad del Biobío, Chile. ISSN 0717-9103.
14. VILLAMAR, Fersen Harold León (2015); La Resiliencia: su aplicación en el sector empresarial; *Revista Contribuciones a la Economía* (Febrero, 2015).
15. SCHUMPETER, JOSEPH, *Business Cycles*.
16. YOGESH MALHOTRA, (2001), *Knowledge Management and Business Model* , Idea Group Pub

Agradecimientos

El autor de este trabajo desea agradecer, por haber contribuido con sus ideas, confianza y apoyo en la orientación y enfoque del tema a:

- Ing. Marcelo Tavella, Director del proyecto TOTUICO0002415TC , UTN FRC
- Dra Ing... Isabel Passoni, Directora del Dto de Bioingeniería de la UNMdPlata
- Ing. F. Horman Profesor de Dirección de Operaciones en la Maestría de Dirección Industrial (UBA)

“X Congreso Argentino de Ingeniería Industrial”

“Desarrollo de un proceso de soldadura de punto por fricción agitación para la industria naval argentina de pequeño porte”

Pelayo, Marcelo Fabián*; Pascal, Oscar*; Sosa Eugenia*, Lombera Guillermo**, Santiago, Diego**, Carr Gustavo**.

** Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.
Juan XXIII y Ruta 4. Lomas de Zamora.*

*** Grupo GIAC, Facultad de Ingeniería de la Universidad nacional de mar del Plata
Av. Juan B. Justo 2002. Mar del Plata*

RESUMEN.

El presente trabajo se enmarca dentro del programa “Doctorar” destinado a la formación doctoral de docentes regulares de universidades nacionales.

El trabajo presentado se refiere al desarrollo de un proceso innovador, que da respuesta a un problema tecnológico del sector naval argentino de bajo porte. Este problema consiste en la dificultad que presenta el proceso de fabricación actual, para el posicionamiento de las planchas de aluminio a soldar. Dicha actividad se realiza mediante un punteado de las planchas para fijar su posición. Esto obliga a trasladar las torchas a lo largo de todo el barco y a la utilización de personal altamente calificado para realizar esta tarea, lo que impacta fuertemente en el costo. La solución propuesta consiste en el desarrollo de un proceso basado en la utilización de la unión de soldadura denominada Soldadura de Punto por fricción Agitación, conocido también como Friction Spot Stir Welding (FSSW). El problema a resolver es desarrollar un proceso soldadura de punto por fricción-agitación que permita la soldadura de las aleaciones de aluminio utilizadas en espesores de 3, 5 y 10 mm de manera autónoma.

El plan de trabajo propuesto es realizar ensayos con distintas variables operativas y distintas características de herramientas, en espesores de 3 mm. A partir de estos ensayos se determinarán las características del proceso a aplicar para poder soldar espesores de 5 mm y 10 mm. Se utilizará como apoyo métodos de simulación a fin de poder predecir los resultados. La calidad de la soldadura es determinada mediante la medición de los perfiles de dureza y el área efectiva de la unión.

Palabras Claves: Soldadura, Fricción, Agitación, Industria, Naval.

ABSTRACT

The present work is framed within the program "Doctorate" destined to the doctoral formation of regular teachers of national universities.

The present work refers to the development of an innovative process, which responds to a technological problem of the Argentine naval sector of low size. This problem consists of the difficulty presented by the current manufacturing process for the positioning of the aluminum plates to be welded. This activity is done by sticking the plates to fix their position. This requires the transfer of the torches throughout the ship and the use of highly qualified personnel to carry out this task, which impacts heavily on the cost. The proposed solution consists of the development of a process based on the use of the weld joint called Friction Stitch Welding, also known as Friction Spot Stir Welding (FSSW). The problem to be solved is to develop a friction-stir welding process that allows the welding of aluminum alloys used in thicknesses of 3, 5 and 10 mm in an autonomous manner.

The proposed work plan is to perform tests with different operating variables and different tool characteristics, in thicknesses of 3 mm. From these tests will determine the characteristics of the process to be applied in order to weld thicknesses of 5 mm and 10 mm. Simulation methods will be used in order to predict the results. The quality of the weld is determined by measuring the hardness profiles and the effective area of the joint.

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de soldadura de punto por fricción agitación, es una variante del proceso de soldadura por fricción (FSW). El mismo se basa en la unión de dos materiales mediante un proceso termo mecánico de agitación [1]. El mismo consiste en una herramienta que posee dos partes un pin y un hombro, cuyas geometrías varían según las propiedades finales que desee obtener. Esta herramienta se posiciona sobre las placas y se la hace girar a una velocidad de rotación determinada. Luego se aplica una fuerza axial que hace que la herramienta penetre las placas a soldar. Mediante un proceso de agitación mecánica que eleva la temperatura las placas se sueldan. Luego de un tiempo de aplicación la herramienta se retira.

Este método presenta como ventajas que se puede realizar en estado sólido, posee un menor consumo de energía en el procedimiento, la zona afectada por el calor es muy pequeña, y posee una menor distorsión y tensión residual respecto a otros métodos de soldadura.

Además se puede soldar aluminio fácilmente y casi no hay defectos de soldadura.

El proyecto desarrollado en el presente trabajo se enfoca en la determinación de las variables de un método de FSSW (soldadura por fricción punto agitación) para la aplicación en la industria naval argentina de pequeño porte.

El objetivo final del proyecto de investigación es encontrar los parámetros óptimos que permitan soldar espesores mayores a 3mm los cuales son usados en la industria naval argentina de pequeño porte.

1.1 PROCEDIMIENTO DE LA FSSW

La soldadura de punto por fricción agitación también, fue desarrollada por Mazda, quien informó de la primera aplicación de esta tecnología (FSSW) en su modelo 2003 RX - 8, un automóvil de producción en masa. La puerta trasera de este vehículo, que es de Aluminio, fue soldada enteramente por soldadura de punto por fricción agitación.

Dos variantes distintivas del proceso de FSSW han sido reportadas en la literatura abierta. El primer enfoque, utilizado por Mazda, que emplea una geometría de la herramienta con un pin fijo, el pasador sobresale dejando un agujero de salida, el cual es característico, en el medio de la soldadura de punto realizada [1].

El segundo enfoque utiliza distintos mecanismos a fin de eliminar la existencia del agujero dejado por la herramienta, ya sea delicados movimientos relativos del pin y el hombro para que vuelva a llenar el agujero dejado por la herramienta, ya sea con la eliminación del pin de la herramienta o ya sea con la realización de la soldadura de punto por fricción agitación en dos etapas. Basado en la información disponible, el segundo enfoque exige un relativamente largo tiempo de procesamiento para acomodar los movimientos complejos de la herramienta para rellenar el agujero. De acuerdo a los trabajos realizados, se puede ver que en comparación, el método tradicional original es muy rápido, para aleaciones de Aluminio, que es el método más desarrollado de esta tecnología, una soldadura de punto por fricción agitación, puede hacerse en menos de un segundo. Además, las máquinas de soldaduras existentes y el sistema de control para la ubicación de la herramienta con el pin, es simple y fácil de integrar en una producción en masa, de grandes volúmenes, como una línea de montaje [2].

En el caso de Mazda, la utilización del sistema de soldadura por fricción agitación, reportó más del 90 por ciento de ahorro y más del 40 por ciento del capital involucrado en la energía de operación, además de reducciones de inversión. Todo esto en comparación con la soldadura por puntos convencional utilizada para la unión de aleaciones de Aluminio [3].

El proceso de soldadura de punto por fricción agitación es aplicable a todas las aleaciones de aluminio [4].

Este proceso consiste en un el posicionamiento de una herramienta compuesta por un Pin y un hombro (Shoulder), la cual se monta sobre una fresadora o cualquier otro herramental que permita la rotación de la herramienta y un movimiento axial con una carga predeterminada. Luego se baja la herramienta sobre el material base a soldar que generalmente consiste en una placa inferior y una placa superior. La herramienta se fija a una velocidad de rotación determinada y se inicia la penetración sobre la placa con una determinada carga axial, lo que genera una agitación del material durante un tiempo determinado, que es una variable determinante en las propiedades finales de la unión soldada. Luego se levanta la herramienta y la pieza queda soldada por los efectos de la agitación de los materiales. Una placa de soporte se utiliza en el lado inferior de las placas a soldar, de apoyo a la carga aplicada, para evitar que la carga aplicada deforme las mismas. En este proceso a diferencia del método de soldadura por fricción (FSW), ninguna traslación lineal se le da a la herramienta. Al retirarse la herramienta, y tal como se ve en la parte

C de la Figura 1, queda un agujero característico (Weld Keyhole) el cual no resulta estético y genera algunos problemas en las propiedades finales de la soldadura. Un ejemplo del proceso se puede en forma esquemática en la Figura 1.

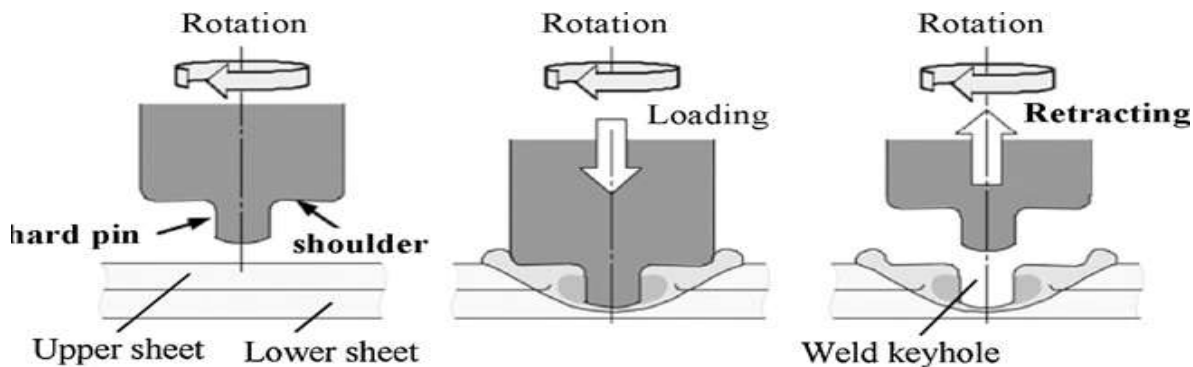


Figura 1. Esquema de un proceso de FSSW

Las variables más importantes de este proceso se pueden destacar son la velocidad de rotación, la carga axial, la velocidad de penetración, el tiempo de residencia, la herramienta utilizada, el espesor a soldar, las características del anclaje, la preparación de las juntas y la penetración del pin [5].

En cuanto a la herramienta las características principales que influyen en la soldadura son la geometría de la herramienta (cónica, roscada, cilíndrica), la altura del pin, el diámetro del pin, el diámetro del hombro y la forma del hombro y el pin [6].

1.2. INDUSTRIA NAVAL EN ARGENTINA DE PEQUEÑO PORTE

En cuanto a la industria naval liviana podemos decir que se utiliza en la actualidad para embarcaciones de consumo final, mayormente para recreación. La producción de embarcaciones livianas tuvo un gran crecimiento entre 2003 y 2007, alcanzando el 158% superando a la industria manufacturera que fue del 58%.

En ese mismo periodo de tiempo, la cantidad de empleados en el rubro naval se había duplicado.

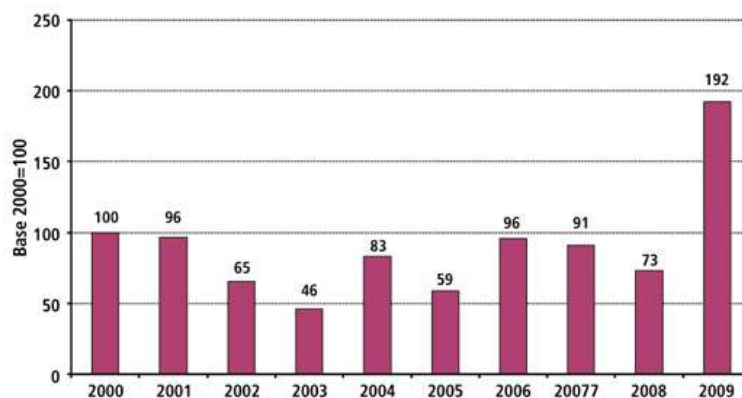


Figura 2. Crecimiento de la industria naval en Argentina [7]

Este tipo de embarcaciones son fabricados mediante un proceso que combina una estructura reticular de perfiles de Aluminio de aleación AA 6082. En dicha estructura se monta el perfil para armar el armazón y se realiza la fijación por punteo para posicionar los perfiles. Luego se realiza la soldadura estructural.



Figura 3. Perfil soldado

Una vez terminada la estructura se colocan las chapas con las que se termina la estructura. Dichas chapas son de aluminio de aleación AA 5083. Estas chapas se fijan mediante un punteo y luego de posicionarlas se les realiza la soldadura estructural.



Figura 4. Chapas de aluminio para la formación de la carcasa

2. PROBLEMA A RESOLVER

La tecnología actual que se utiliza para el armado de las naves presenta algunos aspectos que complican el proceso de fabricación. El tipo de soldadura utilizada es la soldadura MIG, la cual se usa tanto para el posicionamiento de las piezas, como para dar la soldadura estructural al barco. Este procedimiento requiere de mano de obra especializada y el movimiento constante de los equipos con sus torchas a lo largo todo el espacio de trabajo ya sea, para el proceso de posicionamiento, como para el proceso de soldadura final. El proceso así establecido de fijación necesita mucho tiempo y recursos, lo que hace que, el proceso actualmente utilizado para la construcción sea costoso y complejo.

Por lo tanto lo que se busca es reemplazar el proceso de posicionamiento actual por una fijación mediante un proceso de soldadura de punto por fricción- agitación, mediante el uso de una herramienta autónoma, lo que simplificaría el proceso y disminuiría los costos de fabricación.

Lo primero que se debería resolver para poder implementar esta solución es determinar los parámetros y herramientas que permitan soldar espesores de 3 mm y superiores, ya que son los utilizados en este tipo de industria.

3. METODOLOGIA DE TRABAJO

3.1 MATERIALES A SOLDAR

Los perfiles utilizados, como se dijo anteriormente, de aluminio AA 6083 T6. El mismo posee las siguientes propiedades:

Tabla 1. Composición química y propiedades de la aleación 6082

COMPOSICIÓN QUÍMICA										
%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros elementos	
Mínimo	0,70			0,40	0,60				Otros	Total
Máximo	1,30	0,50	0,10	1,00	1,20	0,25	0,20	0,10	0,05	0,10
PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS (a temperatura ambiente de 20°C)										
Características a la tracción										
Estado	Carga de rotura Rm. N/mm ²		Límite elástico Rp 0,2. N/mm ²	Alargamiento A 5,65%		Límite a la fatiga N/mm ²	Resistencia a la cizalladura τ N/mm ²		Dureza Brinell (HB)	
T6	340		310	11		210	210		95	

Las chapas de la armadura son de aluminio AA 5083 H111. Las propiedades del mismo son:

Tabla 2. Composición química y propiedades de la aleación 5083 H111

COMPOSICIÓN QUÍMICA										
%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros elementos	Al
Mínimo				0,40	4,00	0,05			Zi + Total	
Máximo	0,40	0,40	0,10	1,00	4,90	0,25	0,25	0,15	Ti 0,15	El resto

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS (a temperatura ambiente de 20°C)							
Estado	Características a la tracción				Dureza		
	Carga de rotura Rm. N/mm ²	Límite elástico Rp 0,2. N/mm ²	Alargamiento A 5,65%	Límite a la fatiga N/mm ²	Resistencia a la cizalladura τ N/mm ²	Brinell (HB)	Vickers
O/H111	300	145	23	250	175	70	

3.2 DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Todos los trabajos fueron realizados por una fresa de control numérico Marca CHEVALIER, mesa de 1370 X 330 mm; recorrido X 1020 ; Y 510; Z 580 mm; Husillo BT 40 con servomotor 10 HP; control Autocom Dinapath Delta ;PC adicional exclava; morsa de precisión Vertex ancho 200 ,abertura 250/500 mm.

Las variables analizadas fueron las siguientes:

- Tipo de material
- Velocidad de rotación
- Tiempo de residencia
- Tipos de Herramientas
- Espesor a soldar

La herramienta utilizada posee un hombro y un pin. El pin es la parte que entra en contacto produciendo la fluidificación del material produciendo un efecto de extrusión sobre las placas, mientras que el hombro retiene el material que asciende generando la fluidificación del material y la soldadura del mismo [6].

En el caso de la herramienta, en la misma se han variado la geometría del pin (se ha utilizado geometría cilíndrica y cónica), el tamaño del pin (diámetro y altura) y el diámetro del hombro.

El pin es el que estará en contacto con las placas a soldar.

Las variables de salida que se esperan tener son las que se muestran a continuación

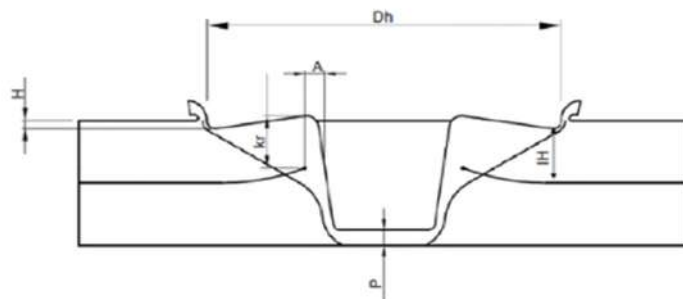


Figura 5. Partes de la soldadura de punto por fricción- agitación

Primero tendremos los parámetros geométricos de la soldadura:

- El diámetro del hombro de la herramienta se denominó como Dh.
- La posición vertical del hook (punto donde comienza la unión metalúrgica) se define como la distancia entre dicho hook
- La superficie de la chapa superior (Kr).

- La longitud de unión efectiva (A) es la distancia horizontal comprendida entre la superficie libre del orificio dejado por el pin y el hook.
- La indentación de la herramienta (H), es la distancia entre la superficie de la chapa superior y el punto más bajo alcanzado por el hombro de la herramienta.
- El espesor remanente de la chapa inferior debido a la acción del pin se denominó P. La distancia entre el punto inferior del hombro y la interface de las chapas es IH.

Además, los datos que se obtendrán serán:

- Barrido de Dureza en las distintas zonas de soldadura.
- Resistencia Mecánica de la soldadura. (Cualitativa).
- Estructura metalográfica obtenida en las distintas zonas (solo los primeros ensayos).
- Tamaño de la zona efectiva.



Figura 6. Proceso de soldadura en dos placas de Aluminio

3.3 ENSAYOS

3.3.1 PRIMEROS ENSAYOS

En el caso de los primeros estudios se buscó relacionar la variación de la micro dureza con la variación de espesores, de manera de indicar si la variación de los espesores influyen sobre las propiedades finales del material.

Por otra parte se evaluó la variación de los perfiles de dureza con el cambio de aleación, para analizar si el proceso modificaba sustancialmente la estructura de las aleaciones tratadas.

Se evaluó también el efecto del cambio de la herramienta en especial con distintas relaciones de diámetro de hombro y diámetro de pin.

Se trabajó con espesores se trabajó con espesores entre 1 y 2,5 mm y muestras de 25 mm de ancho y 100 mm de largo soldadas en junta solapada.

En la Tabla 4 se puede observar que la variación de espesores para la misma aleación presenta cambios en los perfiles de dureza.

Se observó el mismo espesor, la misma herramienta y las mismas variables de trabajo, las aleaciones mantienen sus mismos perfiles de dureza. Por lo que no se detectan cambios estructurales significativos por efecto del proceso de soldadura.

En la Figura 7, se puede ver que se confirmó que para las mismas variables y la misma herramienta los perfiles cambian con el espesor a soldar, También se ha observado que en las aleaciones endurecidas por solución sólida presentan un perfil de dureza más plano. Lo que se corresponde con lo referido en la bibliografía [8].

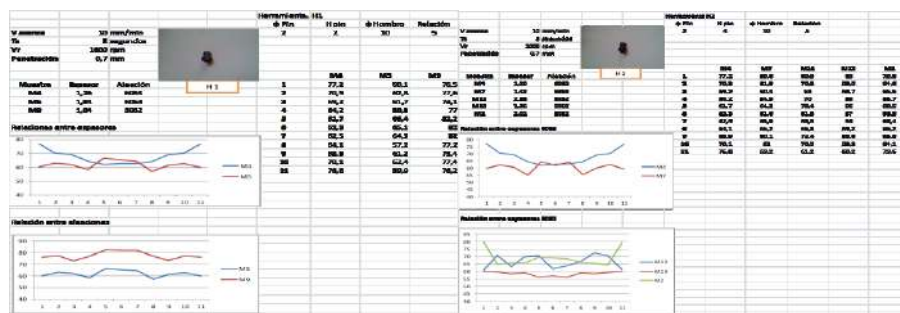


Figura 7. Espesor vs dureza H1

Figura 8. Espesor vs dureza H2

También se analizaron las distintas estructura metalográficas las cuales coinciden con las estructuras declaradas por la bibliografía existente en el estado del arte tal como se indica en la Figura 9 [6].

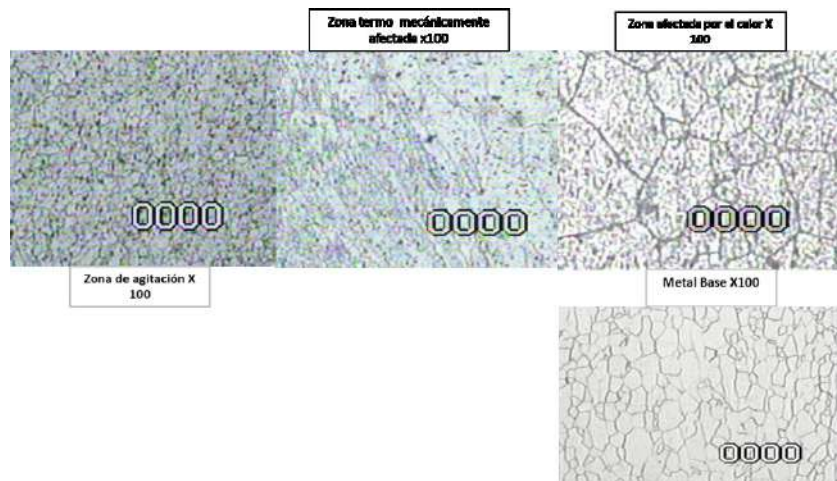


Figura 9. Estructuras de las distintas zonas presente. 100x

3.3.2 SEGUNDOS ENSAYOS

Para la realización de los segundos ensayos, se planteó un diseño de herramientas en función de los datos tomados de la bibliografía ya publicada [9].

En este caso, el diámetro del pin es igual a los espesores a soldar. La altura del mismo debe ser un 80% de la suma de los dos espesores. El diámetro del hombro, si bien no tendrá mucha influencia, se lo toma como el doble del diámetro del pin.

Estos ensayos se realizaron con placas de espesores de 1,2 mm, 1,7 mm y 3,1 mm.

Se tomaron los valores de micro dureza para cada muestra en diferentes zonas, tal como se ve en la Figura 10.



Figura 10. Referencias para la toma de microdureza

En la Tabla 3 se puede ver un resumen del barrido de microdureza de las distintas muestras analizadas. También se indican los parámetros con los que se realizaron los ensayos, siendo las medidas en mm, la velocidad de rotación en RPM y el tiempo de permanencia en segundos.

Tabla 3. Barrido de microdurezas. Segundos ensayos

muestra	zonas								Herramienta	Espesor	Vrot.	Tr
	1	2	3	7	8	4	5	6				
m1	96,8	92,9	83,2	51,2	71	75,8	88,3	96,9	Cónica	1,2	1000	1,9
m2	98,6	93,3	101	89,4	96	101	98,7	91,9	Cónica	1,2	1000	5
m3	60,6	60,2	53,3	56	58	57,7	64,9	64,7	Cónica	1,2	2000	1,9
m4	62,9	65,8	57,7	70,6	64	61,6	69,3	79,4	Cónica	1,2	2000	1,9
m5	45	43	46	63	68,7	43,4	47	45	Cónica	1,7	1000	1,9
m6	38,6	40	63	48	53	52	42	38	Conica	1,7	1000	1,9
m7	40,1	53	51,4	39	36	43	37,9	48	Conica	1,7	2000	1,9
m8	37	41	45	21	31	39	41	34	Conica	1,7	2000	1,9
m9	94,5	93	90	99,3	99,4	78	102	77,8	Cilíndrica	1,2	1000	1,9
m10	85,4	77	68	78,8	79	70	77	89	Cilíndrica	1,2	1000	1,9
m11	69	60,4	60,8	64,1	67	57	66	75,8	Cilíndrica	1,2	2000	1,9
m12	64,5	56	61	59,7	59	53	62,7	66,3	Cilíndrica	1,2	2000	1,9
m21	70,6	70,2	70,4	80,2	76,5	71	66,4	67	Cilíndrica	3,1	1000	1,9
m22	58	61,6	68	68,9	68,9	55,8	52	50	Cilíndrica	3,1	1000	1,9
m23	69	72	70	73,5	74	78	80	78	Cilíndrica	3,1	2000	1,9
m24	67	72,4	70,9	70,9	76	70	60	55,4	Cilíndrica	3,1	2000	1,9

Para el caso de los espesores de 1,2 mm utilizando herramientas cónicas, los resultados pueden verse en la Figura 11. Mientras que para el mismo espesor, pero utilizando herramientas cilíndricas, los valores obtenidos pueden verse en la Figura 12.

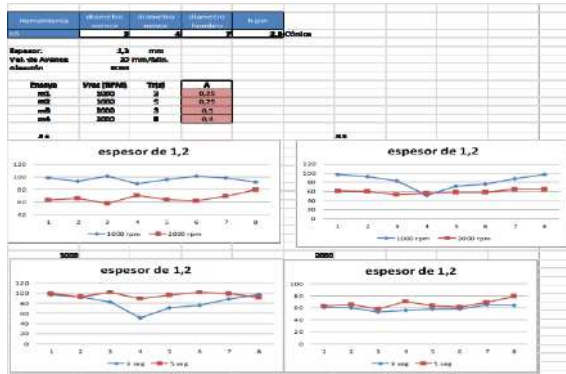


Figura 11. Herramientas cónicas

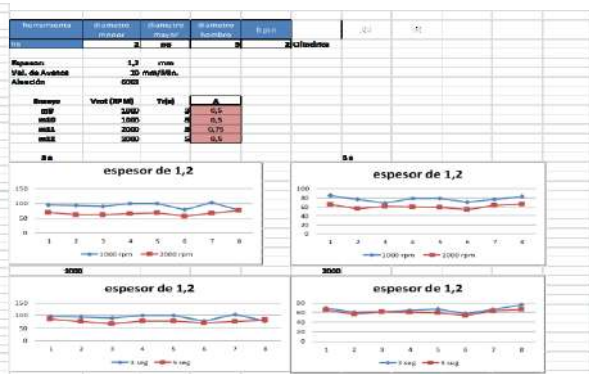


Figura 12. Herramientas cilíndricas

Las herramientas cónicas arrojan mejores resultados en los perfiles de dureza con un tiempo de permanencia de 5 segundos. Mientras que las herramientas de geometría cilíndrica lo hacen con tiempos de 3 segundos.

Se puede observar que para espesores de 1,2 mm, se obtienen mejores resultados en cuanto al área efectiva utilizando herramientas cilíndricas.

Tal como puede verse en las figuras 11 y 12 podemos concluir que para espesores de 1,2 mm los mejores perfiles de dureza se obtienen a menores valores de velocidad de rotación. Mientras que para la variación del tiempo de residencia no modifica demasiado los perfiles de dureza. Ambas comprobaciones se cumplen tanto para una geometría de la herramienta cilíndrica, como una geometría cónica.

Para el caso de los ensayos para los espesores de 1,7 mm utilizando herramientas cónicas, los resultados pueden observarse en la figura 13.

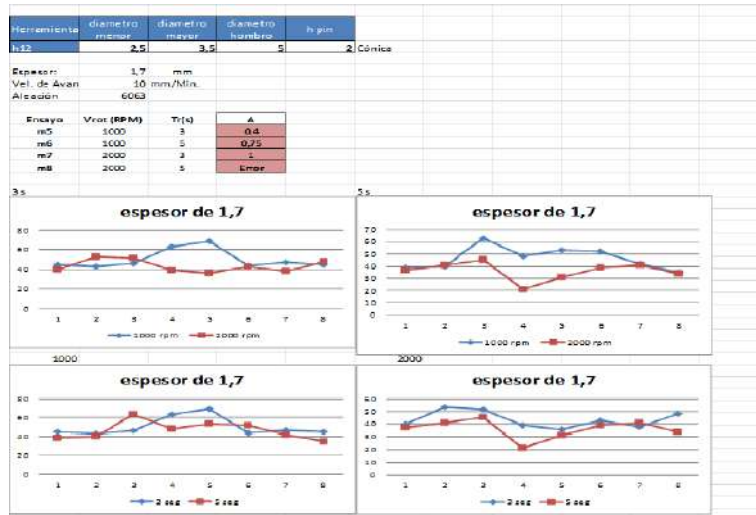


Figura 13. Herramienta cónica. 1,7 mm

Observando los resultados de los ensayos en las tablas 7, 8 y 9, se ve que para espesores de 1,2 y 1,7 mm, la geometría de la herramienta no tiene mayor influencia en la dureza y en el área efectiva de la soldadura.

Finalmente, para espesores de 3,1 mm con herramientas cilíndricas los resultados fueron los siguientes

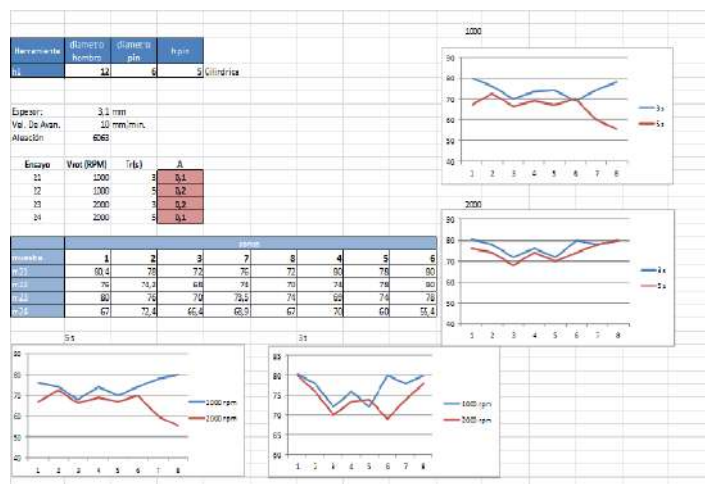


Figura 14. Espesor 3,1 mm

Vemos los espesores de 3,1 mm arrojan resultados de dureza erráticos, por lo que se puede concluir que la herramienta utilizada no sería la adecuada. Para todos los espesores los mejores perfiles de dureza se obtienen cuanto más baja es la velocidad de rotación. Se ve también que el tiempo de residencia de la herramienta no tiene gran influencia en estos parámetros.

Como en los ensayos para espesores de 3,1 mm se redujo el área efectiva, por lo que se puede ver que la relación de la herramienta es válida solo para espesores de hasta 2mm.

Podemos concluir de esta segunda serie de ensayos que para todos los espesores, tendremos mejores perfiles de dureza a baja velocidad, como se puede ver en las tablas 7, 8, 9 y 10. En todos los casos, tanto el tiempo de residencia como la geometría de la herramienta no influyen en la dureza del material soldado.

Las relaciones en la herramienta que se presentan en la bibliografía, no dan un buen resultado en relación con las áreas efectivas obtenidas.

2.3. TERCEROS ENSAYOS

Tomando las experiencias anteriores, el tercer grupo de ensayos se realizaron bajo una re definición de las relaciones del diámetro del hombro y del pin. Se han utilizado placas de aluminio de aleación 6082 de 3 mm de espesor. Las herramientas utilizadas solo fueron de geometría cilíndrica.

En la tabla 4 se muestra un resumen de los parámetros utilizados para los nuevos ensayos. En la tabla 5 se detallan las nuevas medidas de las herramientas.

Tabla 4. Parámetros utilizados

MUESTRA	ESPESOR	ALEACION	HERRAMIENTA USADA	VELOCIDAD	TIEMPO DE PERMANENCIA
M1	3		H1	2000	5
M2	3		H1	2000	5
M3	3		H1	2000	3
M4	3		H1	2000	5
M5	3		H2	2000	3
M6	3		H2	2000	5
M7	3		H2	2000	3
M8	3		H2	2000	5
M9	3		H7	2000	5
M10	3		H7	2000	3
M11	3		H7	2000	5
M12	3		H11	2000	3
M13	3		H11	2000	5
M14	3		H11	2000	3
M15	3		H11	2000	5

Tabla 5. Medidas de las herramientas

Herramientas	Cilíndrico			
	φ Hombro	φ Pin	Altura Pin	Relación φ Hombro/ φ Pin
H1	12,4	3,1		3
H2	12,4	4,1		4
H7	19	6,1		3
H11	19	4,5		4

En la Figura 15 se muestran las zonas en la que se tomó la microdureza de cada muestra.

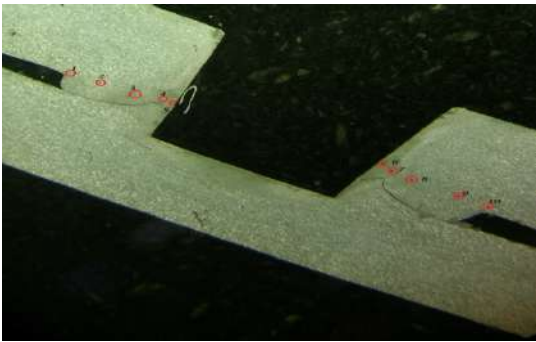


Figura 15. Zona de microdureza.

Podemos ver en las tablas 6, 7, 8 y 9 el comportamiento de los perfiles de dureza según la herramienta.

Tabla 6. Perfil de microdureza

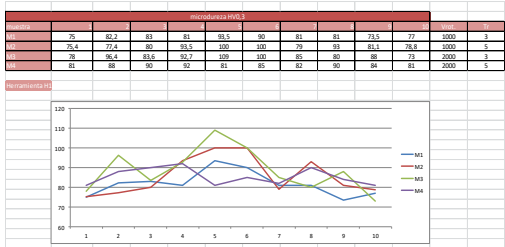


Tabla 7. Perfil de microdureza

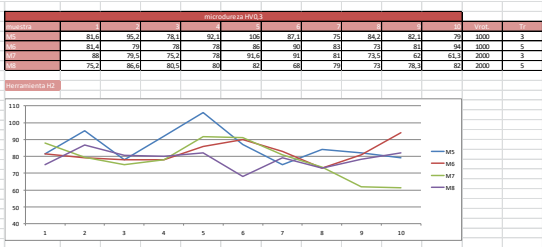


Tabla 8. Perfil de microdureza

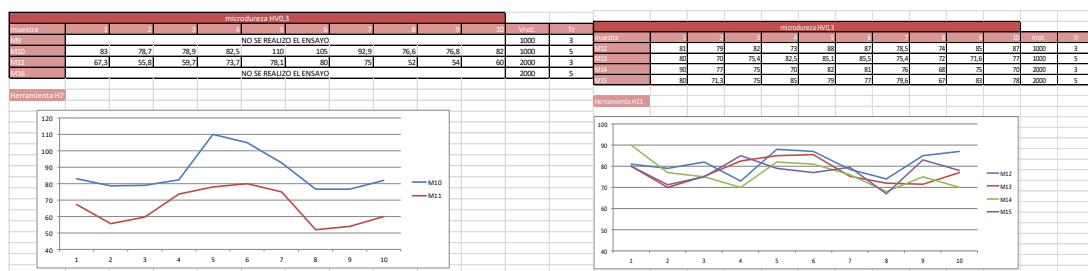
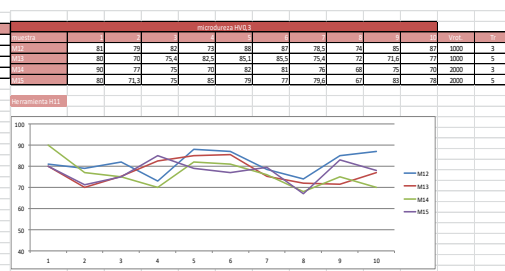


Tabla 9. Perfil de microdureza



En la tabla 10, se detallan las medidas de las áreas efectivas en cada caso:

Tabla 10. Área efectiva

MUESTRA	MEDIDA "A"(MM)
M1	0
M2	0,2
M3	0,3
M4	0,5
M5	0,2
M6	0,6
M7	0,5
M8	0,3
M9	0
M10	0,2
M11	0,1
M12	0,1
M13	0,1
M14	0,1
M15	0,1

En esta etapa se comprobó que las mejores áreas efectivas se lograron con la herramienta H2. En cuanto a un análisis macroscópico se puede ver que también los mejores botones fueron logrados con esta herramienta. En este tipo de soldadura solo tenemos que lograr que la chapa o el perfil se auto soporte. En cuanto esto los mejores resultados cualitativos fueron logrados con H2. Es importante tener en cuenta la variación de la microdureza y sobre todo los puntos más bajos, ya que son los responsables de la rotura del botón. Dichos puntos se dan en la zona termo mecánicamente afectada. En esta serie de ensayos, no han aparecido puntos de extremadamente baja dureza. Es importante tomar en cuenta el área total del pin que entra en contacto como una variable adicional. En espesores de 3 mm, los mejores resultados se obtuvieron con la herramienta H2, como se puede observar en la tabla 14.

4. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Podemos ver en estas tres series de ensayos que el área efectiva y la dureza de las zonas de soldadura son sensibles a la variación de espesores. De hecho se comprobó que a espesores altos los resultados de la soldadura no resultan claramente predecibles.

En este caso es importante evaluar el tamaño de la zona efectiva de soldadura ya que los requerimientos mecánicos son mínimos para el uso previsto. Si bien se ha observado que los mejores valores se presentan de dureza con velocidades de rotación bajas, para espesores altos el área efectiva lograda es muy pequeña y resulta muy difícil lograr un botón de características adecuadas. Se entiende que esto puede suceder debido a un mala fluidificación del material por la alta superficie de contacto.

Es también un resultado de estos ensayos que los valores de tiempo de residencia no influye demasiado en las características finales de la soldadura.

En cuanto a las herramientas utilizadas se observó la importancia de la relación entre el área del pin y el área del hombro, siendo la mejor relación en un valor cercano a 1. Por otra parte se ha logrado mejores valores de micro dureza y áreas efectivas para espesores altos, con relaciones de diámetro de hombro sobre diámetro de pin de 3.

Si bien no es definitivo se vió que los mejores valores de área efectiva se lograron con geometría cilíndrica del pin.

5. CONCLUSIONES

Se puede concluir finalmente que:

- Las velocidades bajas de rotación presentan una dificultad para soldar espesores altos.
- Se debe diferenciar bien entre un buen perfil de dureza y el área efectiva, ya que en este caso nos interesa que la soldadura pueda auto soportarse. Por lo tanto es el área efectiva el que asegura que se mantenga la unión.
- El perfil de dureza da una idea de la resistencia de la zona soldada.
- Se observó una relación entre el área del pin y el área del hombro. La mejor dio 1. Siendo la menor de todas las herramientas.
- Se observó la mejor relación entre diámetro de hombro y diámetro de pin es el de 3.
- Se observó que el tiempo de residencia no es un factor relevante para los resultados de la soldadura lograda.
- Se observó que los espesores son una variable crítica para los resultados de la soldadura obtenidos.
- Por último podemos concluir que para lograr un buen resultado para la aplicación de este tipo de soldadura, se debería soldar espesores altos a velocidades de rotación de 2000 rpm, un tiempo de residencia de 3 s y como herramienta utilizar una que posea una relación de área de pin vs área de hombro de 1 y una relación de diámetro de hombro vs diámetro de pin de 3. La mejor geometría sería para este tipo de espesores una geometría cilíndrica del pin.

6. REFERENCIAS

- [1] R. S. Mishra; Z. Y. Ma. (2005). "Friction stir welding and processing". *Materials Science and Engineering*. Volúmen 50, número 1-2, páginas 1–78. USA.
- [2, 4] Prof. (Dr.) Bharat Raj Singh. (2012). *A Handbook on Friction Stir Welding*. UK. Primera Edición. LAP Lambert Academic Publishing. UK.
- [3] Fujimoto, M., Koga, S., Abe, N., Sato, Y. S., & Kokawa, H. (2008). "Microstructural analysis of stir zone of Al alloy produced by friction stir spot welding". *Science and Technology of Welding and Joining*. Volúmen 13, número 7, páginas 663-670. UK.
- [5] G. Buffa; L. Fratini ; M. Piacentini. (2008). "On the influence of tool path in friction stir spot welding of aluminum alloys". *Journal of materials processing technology*. Volúmen 208, número 1, páginas 309-317.
- [6] N.-T. Nguyen; D.-Y. Kim; H. Y. Kim. (2011). "Assessment of the failure load for an AA6061-T6 friction stir spot welding joint", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers B: Journal of Engineering Manufacture*. Volumen 225, número 10, páginas 1746–1756.
- [7] Hybe, D. (2010). "Una industria que se mantiene a flote". Saber Cómo. Número 95, <https://www.inti.gob.ar/sabercomo/sc95/inti10.php>. INTI Online.
- [8] Rosendo, T., Parra, B., Tier, M. A. D., Da Silva, A. A. M., Dos Santos, J. F., Strohaecker, T. R., & Alcântara, N. G. (2011) "Mechanical and microstructural investigation of friction spot welded AA6181-T4 aluminium alloy". *Materials and Design*. Volúmen 32, número 3, páginas 1094–1100. USA.
- [9] Cox, C. D., Gibson, B. T., Strauss, A. M., & Cook, G. E. (2012). "Effect of pin length and rotation rate on the tensile strength of a friction stir spot-welded al alloy: A contribution to automated production". *Materials and Manufacturing Processes*. Vol. 27, no.4, pp. 472–478. Online.

Planta Piloto para la elaboración de dulces y su aplicación en la región. “X Congreso Argentino de Ingeniería Industrial”

Omar Massini; Sanoguera Johana; Arellano Daniel; Philpot Osvaldo R.;Crucella Paula; Casabene Marcelo, Juan Manuel Della Vedova, Perotti Santiago.



Universidad Nacional de San Luis

Código postal: 5730

<http://www.fices.unsl.edu.ar/>

Área temática: *Innovación y Gestión de Productos*

RESUMEN

La elaboración de dulces en forma artesanal es una actividad muy tradicional en nuestro país.

El objetivo del presente trabajo es articular e integrar a la Universidad con el medio, a través del uso de planta piloto, ubicada en el predio de la FICA (Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias), de la Universidad Nacional de San Luis, para la fabricación de dulces artesanales con productores de la zona. La investigación, se encuentra enmarcada en diversas etapas; comprende, análisis de mercado, que brinda información sobre preferencia o intención de compra de los potenciales consumidores de este tipo de productos, análisis de los costos de elaboración del producto, como de mejoras en el proceso; todas herramientas, que son aportadas y brindadas a los productores que desean ser parte de un vínculo de cooperación, en el que, ellos reciben capacitación y el producto terminado que luego podrán comercializar, a cambio de que los alumnos pueden realizar sus prácticas haciendo uso de la materia prima, ofrecida por ellos.

Palabras Claves; *Planta piloto, dulces, pymes, productores*

1. INTRODUCCION.

La elaboración de dulces en forma artesanal es una actividad muy tradicional en nuestro país. Se puede desarrollar tanto a nivel industrial, con procesos sumamente controlados y automatizados, como de manera artesanal. En cada región del país, la elaboración de dulces adquiere un sello propio, ya sea por el tipo de frutas utilizadas, como por el agregado o no de ingredientes regionales en la fórmula básica del dulce.

La Planta Piloto se encuentra ubicada en el predio de la FICA (Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias), de la Universidad Nacional de San Luis (Ruta provincial N° 55, Extremo Norte). La planta piloto se la utiliza principalmente para que los alumnos de carreras tales como ingeniería química e ingeniería en alimentos puedan realizar trabajos prácticos dentro de la misma, relacionados con sus cátedras.

1.1 ALCANCE.

El alcance consiste en realizar transferencia de conocimiento a través del uso de planta piloto, y de información al analizar el mercado, obtener los costos de procesamiento y plantear mejoras en la planta piloto. A futuro concretar el desarrollo de las líneas de acción, como alternativas de producción a diversas escalas para productores de la zona de influencia de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Luis. La región integrada se extiende al valle del Conlara, Merlo y localidades próximas, todas de la provincia de San Luis, como así también a las localidades de San Rafael, Monte Coman de la provincia de Mendoza.

1.2 METODOLOGIA.

La metodología de investigación utilizada, ha sido la encuesta. A través de las mismas, se determinó el mercado potencial de dulces artesanales en la ciudad de Villa Mercedes. Paralelamente se realizó un estudio de costos para verificar si se podía satisfacer esa demanda con la producción realizada en la planta piloto.

2. DESARROLLO REALIZADO.

La investigación, se encuentra enmarcada en diversas etapas; comprende, análisis de mercado, que brinda información sobre preferencia o intención de compra de los potenciales consumidores de este tipo de productos, análisis de los costos de elaboración del producto, como de mejoras en el proceso; todas herramientas, que son aportadas y brindadas a los productores que desean ser parte de un vínculo de cooperación, en el que, ellos reciben capacitación y el producto terminado que luego podrán comercializar, a cambio de que los alumnos pueden realizar sus prácticas haciendo uso de la materia prima, ofrecida por ellos.

2.1.1 ETAPA: “Estudio e información de Mercado”

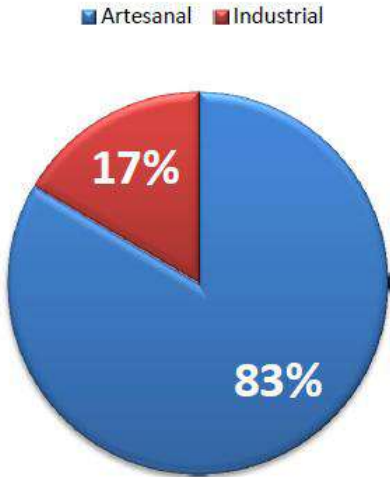
Resultados Obtenidos:

En el marco del análisis del mercado potencial de dulces artesanales en la ciudad de Villa Mercedes, se realizaron 242 encuestas. Las mismas pretendían configurar un perfil de consumidor para saber sus preferencias a la hora de consumir dulces, frecuencia de consumo y precios dispuestos a pagar. Paralelamente se realizó un estudio de costos para verificar si se podía satisfacer esa demanda con la producción realizada en la planta piloto. Los resultados tanto de capacidad/ utilización de la planta como de costos/beneficios fueron muy satisfactorios.

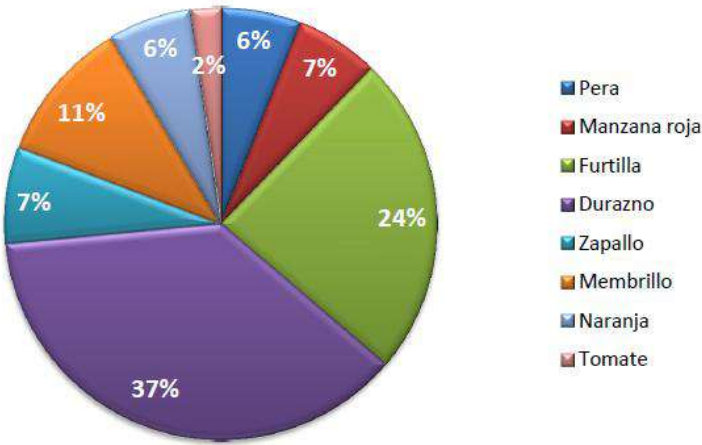
A continuación se detallan los resultados obtenidos:

	RESULTADOS
Total de encuestas realizadas	242
¿Qué tipo de dulce preferís?	Artesanal
¿De qué de fruta preferís?	Durazno y Frutilla
¿Qué buscas en un dulce?	Calidad
¿Cuánto dura un frasco de dulce de 300g en tu heladera?	2/1 semana
¿Hasta qué precio estarías dispuesto a pagar por un dulce artesanal de 250g?	25\$ a 33\$

¿Qué tipo de dulce preferís?

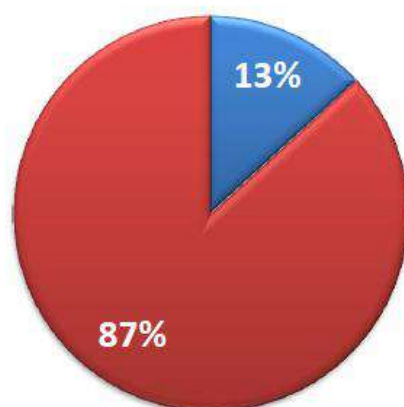


¿De qué de fruta preferís?

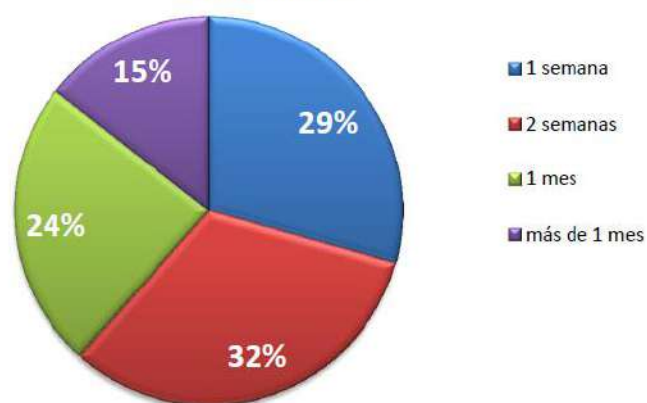


¿Qué buscás en un dulce?

Precio Calidad

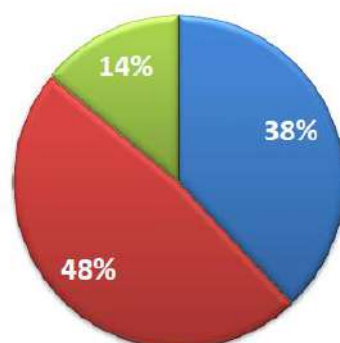


¿Cuánto dura un frasco de dulce de 250g en tu heladera?



¿Hasta qué precio estarías dispuesto a pagar por un dulce artesanal de 250g?

\$20 a \$25 \$25 a \$33 \$33 a \$40



Analizados los resultados obtenidos en las encuestas, se tomaron como base los resultados del censo 2010 de la ciudad de Villa Mercedes para proyectar los consumos potenciales.

Cantidad de hogares en Villa Mercedes	21812	Censo 2010 hogares con gas natural
Hogares potenciales	18207	83% del mercado
Hogares potenciales para la etapa inicial 5% del total	910	Definimos solo 5% del mercado en la etapa inicial
Cantidad de frascos/ semana (250 gramos)	607	Consumo promedio 1,5 frascos/semana
Demanda (kg/semana)	151,7	
Capacidad de la planta	800	2 batch de 100 kg/dia, eficiencia 80%
Utilización	19%	

Por lo tanto existe una demanda potencial que satisfacer y la planta piloto cuenta con sobrada capacidad para abastecer parte de este mercado, ya que en las condiciones actuales y considerando un 80% de eficiencia se utilizaría solo el 19% de su capacidad.

Por otro lado, el precio que los consumidores están dispuestos a pagar por este bien según las encuestas realizadas entre 25\$ y 33 \$ para un frasco de 250 gramos.

2.1.2 Etapa: “Cálculo de costos”

Resultados Obtenidos:

El estudio de costos arroja los siguientes resultados:

ITEMS	CANT. Kg	\$ UNITARIO	IMPORTE	SUBTOTAL
ZAPALLO	100	8,1	810,0	810,0
GLUCOSA	67	6,75	452,3	1262,3
AGAR AGAR	0,3	1174,5	352,4	1614,6
GOMA GARR	0,3	1174,5	352,4	1967,0
ESEN. VAIN.	0,0242	1958	47,4	2014,3
AC. CÍTRICO	0,028	136	3,8	2018,1
SORBATO K	0,043	705	30,3	2048,5
GAS - OIL	30	12,5	375,0	2423,5
VARIOS (10%)			242,3	2665,8
ENVASE VIDRIO +TAPA		7	2660,0	5325,8
ETIQUETAS		1	380	5705,8
Dulce de zapallo (\$/kg dulce)			28,06	
Dulce de zapallo (\$/frasco dulce)			15,02	

	\$/Kg. de dulce	\$/frasco de dulce	Precio (\$/U)	Cont. Marginal (\$/u)	Cont Marginal (\$/semana)	Cont Marginal (\$/mes)
Dulce de zapallo (250 gramos)	28,06	15,02	25	9,98	6.061	24.243
Dulce de zapallo (250 gramos)	28,06	15,02	30	14,98	9.096	36.383
Dulce de zapallo (250 gramos)	28,06	15,02	33	17,98	10.917	43.667

Esto indicaría que el precio por frasco podría estar entre 25\$ y 40\$, generando una contribución marginal anual de entre 240 M\$ y 440 M\$ aproximadamente.

Como conclusión la plata piloto es capaz de absorber parte de la demanda potencial de dulces artesanales de la ciudad de Villa Mercedes a un costo competitivo y generando además de aportes académicos y a la sociedad, un resultado económico positivo que hace viable su utilización.

2.1.3 Etapa: “Análisis de lay-out de equipos en planta piloto”

Resultados Obtenidos:

Planteo de mejoras a máquinas y procesos de planta piloto de FICA

En el marco del proyecto de investigación, se trabajó en la modelización en Planta Piloto de la elaboración de dulces, se desprende del mismo una parte del estudio dedicado a encontrar mejoras a los actuales equipos y maquinarias utilizados dentro de la planta piloto, como así también a los procesos que se llevan a cabo para la elaboración de dulces.

A continuación se detallan, las mejoras en máquinas equipos y procesos que permitirán lograr una producción en serie. Dichas mejoras son acordes con el planteo de un nuevo lay out de la planta que permite mejorar los recorridos, evitar cruces, favorecer a la seguridad dentro de la planta.

Mesa para lavado

Actualmente la tarea de lavado de la fruta se realiza en una pileta realizada de hormigón la cual contiene una canilla conectada a la red de agua. Dicha pileta no solo se utiliza para el lavado de fruta sino también para la higiene de los alumnos que realizan las tareas en ella.

Esto no hace a las buenas prácticas de manufactura, en primer lugar al no ser una pileta realizada de acero inoxidable es muy difícil lograr una limpieza adecuada de la misma lo que pone en riesgo al producto de entrar en contacto con bacterias.

Por otro lado las actividades de lavado se realizan por una o dos personas como máximo que debido a poseer una sola canilla, realizan esta actividad ocasionando molestias una con la otra.

Cabe resaltar también la presencia de elementos de limpieza en la misma pileta, que son dejados por los alumnos cerca de las materias primas, esto es muy peligroso ya que dichos productos pueden entrar en contacto con la fruta y arruinar todo un lote.



Fig. 1.



Fig. 2.

La propuesta para este problema es considerar la adquisición de una mesa para lavado con sistema de aspersión de agua. La misma se encuentra realizada en acero inoxidable, materias que permite su fácil desinfección asegurando así que se mantiene la higiene y que el producto no entra en contacto con bacterias.

Posee en la parte superior un sistema de aspersión que se conecta con la red de agua lo que permite un mejor lavado de las frutas, ahorrando agua gracias a ello.

Las dimensiones de la mesa (Fig 2) permiten que tres personas puedan trabajar cómodamente en ella lo que reduce los tiempo para realizar este proceso.

Carro de malla de alambre

Actualmente el transporte de las frutas se realiza en canastos de forma manual por las personas quienes cargan los mismos hasta la próxima estación de trabajo. Dicha operación a nivel académico no representa grandes inconvenientes pero a la hora de realizar una producción en serie en la cual una persona debe cargar canastos con más de 25kg de manera repetitiva, se hace necesario la utilización de elementos que ayuden a esta actividad y evite que la persona pueda sufrir lesiones.

Por ello se propone la utilización de carros de malla de alambre, los mismos permiten la utilización de los canastos que ya posee la planta piloto y le permiten al operario trasladarse de forma ágil y segura.

Características: Carro en malla de alambre

- Construcción reforzada.
- Acabado superficial en zincado electrolítico brillante.
- Manijas forradas en PVC cristal y protecciones plásticas de sujeción.
- Montado sobre ruedas con rulemanes.
- Capacidad 60 lts



Fig 3.

Descarozadora

Algunas de las frutas utilizadas para la elaboración de los dulces requieren ser cortadas para extraer su corazón (peras, manzanas, ciruelas, durazno), el cual contiene semillas que no se deseen utilizar. Esta operación en la actualidad se lleva adelante realizando primero un corte con cuchillos de la fruta para luego extraer su corazón. La utilización de utensilios con filos cortantes siempre implica un riesgo y si bien es necesario utilizarlo existen otros equipos que no solo agilizan el trabajo sino que también ofrecen mayor seguridad.

Para esta actividad de corte y posterior retiro del corazón de las frutas se plantea como mejora la utilización de una descarozadora combinada. Esta permite retirar el corazón de la fruta y realizar el corte en cuatro partes de la misma, para luego pasar a los procesos de escaldado y despulpado.

La descarozadora combinada permite realizar con tan solo una bajada de la palanca el descorazonado de una fruta y el corte en 4 partes de otra fruta a la cual previamente se le retiro el corazón. Esto permite que dicha actividad sea más sencilla y rápida.

Las personas encargadas de estas tareas se encuentran lejos de las cuchillas y se evitan accidentes.

Dicha maquina está construida por la empresa WESTMARK está construida en aluminio por lo cual es muy liviana, se puede fijar a una mesa y las cuchillas son de acero inoxidable lo que permite una fácil desinfección de las mismas, se puede adaptar para trabajar con frutas de tamaño considerable como peras, duraznos, manzanas así como también frutas más pequeñas y blandas como ciruelas y cerezas.

Procesadora de frutas y verduras

Las frutas y verduras utilizadas para la elaboración de dulces deben cortarse en pequeños trazos para luego ser introducidas en la paila o la escaldadora, muchas de ellas no requieren grandes esfuerzos para ser trozadas hasta obtener un tamaño adecuado, incluso algunas como las frutillas prácticamente no son trozadas. Pero existen otras como son el zapallo que requiere un gran trabajo para ser trozado y debido a que la operación se realiza de forma manual se pierde mucho tiempo y desaprovechan recursos humanos.

La mejora que se plantea en este aspecto es la utilización de una procesadora de frutas y verduras, esta máquina es muy importante si se quiere realizar la producción en serie dentro de la planta piloto ya que permite ahorrar mucho tiempo.

La máquina sugerida es una procesadora de marca SUMD Company cuya estructura principal y cuchilla para triturar, están hechas de acero inoxidable. **Características:** Cuenta con un barril para el material, cuchillas trituradoras, partes selladas, marco, motor y eje conductor.

El motor se encuentra dentro de la caja de la estructura.

La parte inferior del eje conductor está instalada directamente al eje del motor.

En la parte superior del eje hay dos aspas, las cuales se instalaron formando una X, por lo tanto pueden llegar a todos los rincones durante el proceso de trituración. Lo anterior mejora la eficiencia de la trituración. Además, como las aspas están hechas de acero inoxidable, ofrecen alta durabilidad, dureza y fuerza en la trituración.

Las partes selladas, ubicadas entre el eje conductor y el barril para el material, están hechas de caucho de silicona de alta calidad y se caracterizan por no ser tóxicas, no producir contaminación y además buen sellamiento.

Volumen del barril: 30 lts

Potencia del motor: 1500 W

Velocidad de rotación de las aspas: 2800 rpm

Dimensiones: 350 mm X 290 mm x 750 mm

Peso: 40kg

Capacidad 400kg/hs.



Fig4.

Peladora

Una de las principales diferencias que se encontró en la elaboración de dulces, es que en el caso de hortalizas de cascara dura como el zapallo, la misma debe retirarse para su procesamiento dentro de la paila. Caso contrario ocurre con frutas como manzanas, peras y membrillos las cuales se procesan con su cascara.

El pelado del zapallo es una operación muy compleja que consume mucho tiempo y recursos por lo cual para esta operación la mejora que se propone es contar con una peladora, esta máquina posee paredes abrasivas que permiten eliminar la cascara del zapallo.

Debemos hacer la salvedad que en el caso de la planta piloto esta maquinaria se utilizaría principalmente en la producción de dulces de zapallos, ya que si queremos utilizarla para pelar frutas debemos utilizar otro tipo de abrasivos, que no terminen dañando toda la materia prima, y por lo tanto cambiar el tambor de la máquina peladora.

La máquina que se encontró en el mercado adecuada para tal operación es de la marca LA PARMENTIERE modelo 25E. Esta máquina permite pelar patatas, zanahorias, zapallos, apios, nabos, cebollas (incluidos tomates congelados).

Características:

- Bello aspecto del producto pelado
- Conservación de la forma original del producto gracias al perfil hemisférico de la cuba
- Mínima producción de residuos,
- Rendimiento por hora de 250 kg

En todas las máquinas, puede elegirse opcionalmente una puerta con gato con armario de automatización, que permite un ajuste óptimo del tiempo de estancia de los productos tratados en la máquina.

3. EN DESARROLLO; LINEAS DE ACCION PARA PRODUCTORES.

Línea N°2 Objetivo: Realizar el cálculo y diseño de un equipo móvil y del proceso a desarrollar en el mismo, con el objetivo de utilizarlo en los lugares de obtención de la fruta para producción regional. Calcular el costo de diseño y fabricación del equipo, más el de la producción propiamente dicha en el lugar donde se utilice el citado equipo

Línea N°3 Objetivo: Diseño del proceso de fabricación de la pulpa en lugar de origen (incluyendo el envase para traslado de pulpa a planta piloto). Realizar el estudio de costos del proceso de extracción de pulpa en el lugar de origen y el traslado a la planta piloto.

4. CONCLUSIONES

Los resultados tanto de capacidad/ utilización de la planta como de costos/beneficios fueron muy satisfactorios. Por lo tanto existe una demanda potencial que satisfacer y la planta piloto cuenta con sobrada capacidad para abastecer parte de este mercado, ya que en las condiciones actuales y considerando un 80% de eficiencia se utilizaría solo el 19% de su capacidad.

Por otra parte desde la innovación planteada, se desarrollaron alternativas flexibles y viables, aun en desarrollo dentro del proyecto de investigación, que facilitarían a los productores regionales, canalizar sus cosechas incluyendo la comercialización si es que lo desean.

5. REFERENCIAS

Autor: ASQ Food – Editorial Acribia.

HACCP Manual del Auditor de Calidad

Autor: Brennan James G. – Editorial Acribia

Manual del procesamiento de alimentos

Código Alimentario Argentino CAA

Autores: David A. Collier y James R. Evans. 2da edición 2009

Administración de Operaciones, bienes, servicios y cadenas de valor.

Autor: Philip Richardson – Editorial Acribia

Tecnologías Térmicas para el procesamiento de los alimentos-

Autor: Shomberger, Richard. 1ra edic. 1989.

Manufactura de Categoría Mundial: aplicación de las últimas técnicas para optimizar la Producción

Autor: Volmann, Thomas E. 1ra edición 2005.

Planeación y Control de la Producción. Administración de la cadena de suministro.

IMPACTO EN LA CALIDAD DE ENERGÍA PRODUCIDA CON EE.RR "GENERACIÓN DISTRIBUIDA" EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN.

Dr. Ing. Pessano Gabriel; Mg. Ing. Putignano Nicolás Manuel; Mg. Ing. Membrives Javier; Prof. Ing. García Javier; Martín Juan Pablo, DNI: 37967399; García Chimeno Ignacio, DNI: 37963670, Montiel Gabriel Facundo, DNI: 37963686.

*UTN Facultad Regional San Rafael
Av. Gral. J. J. Urquiza 314. (5600) San Rafael. Mendoza.*

Pessano100@yahoo.com.ar
nicolas.putignano@gmail.com
javier.membrives@gmail.com
ignagarciachimeno@hotmail.com
gabrielmontiel37@gmail.com
javianar@yahoo.com.ar

RESUMEN.

La producción de energía eléctrica a partir de combustibles fósiles resulta cada vez más inviable desde los puntos de vista social, técnico y económico. En vistas de ésta realidad, surge la necesidad de un estudio técnico económico, que oriente sobre pautas de cómo aprovechar las energías renovables, en éste apartado específicamente la fotovoltaica (FTV), que resulte un inicio para la redacción de una reglamentación, que nos permita regular la comercialización en baja tensión. Para ello resulta indispensable analizar la rentabilidad de su aplicación en las urbanizaciones, considerando factores económicos que garanticen una renta razonable de acuerdo a la inversión inicial.

En Diciembre 2014, el EPRE creó una resolución que permite a los usuarios intercambiar energía en baja tensión.

Los beneficios más importantes de la generación distribuida (en adelante GD) son: el mejoramiento de la seguridad de suministro, la reducción en las emisiones de gases contaminantes, reducción de las pérdidas de transporte de energía y una mayor flexibilidad en las inversiones. Sin embargo, existen barreras técnicas, económicas, legales y regulatorias que impiden aún su óptimo desarrollo en los sistemas eléctricos. Con la aparición de la GD se producen alteraciones en las estructuras tradicionales jerárquicas de las redes de energía. Una de las energías renovables que se puede expandir como GD es la energía solar FTV conectada a la red. Su aparición en el consumo del usuario final es muy factible gracias a su naturaleza modular y la facilidad de instalación que admite.

Entre los aspectos regulatorios a considerar se encuentra el de la evaluación del impacto del grado de penetración de energía FTV en la red, haciendo hincapié en varios puntos: el uso de la red de distribución, la responsabilidad en los costos de distribución e inversiones. Por consiguiente, es de suma importancia establecer las implicancias de los distintos grados de penetración en la red y los resultados logrables con cada uno de ellos.

Palabras Claves: Energía Fotovoltaica, Generación Distribuida, Rentabilidad, Energía Renovable, Regulación, Mercado Eléctrico.

ABSTRACT

It is necessary to carry out an economic technical study, how to take advantage of photovoltaic energy (FTV), which would be useful as a starting point for a regulation, whose purpose is to regulate and market it at low voltage. To this end, it is essential to analyze the profitability of its application in urban developments, considering economic factors that guarantee a reasonable income according to the initial investment.

In December 2014, the EPRE created a resolution that allows users to exchange power at low voltage.

The production of electric energy from fossil fuels is increasingly unviable from the social, technical and economic points of view.

The most important benefits of DG are the improvement of security of supply, reduction in emissions of polluting gases, losses of energy transport and greater flexibility in investments. However, there are technical, economic, legal and regulatory barriers that still prevent their optimal development in electrical systems. With the emergence of DG there are alterations in the traditional hierarchical structures of energy networks. One of the renewable energies that can be expanded as GD is the solar FTV connected to the grid. Its appearance in the consumption of the end user is very feasible thanks to its modular nature and the ease of installation that it admits.

Among the regulatory aspects to consider is the evaluation of the impact of the degree of penetration of FTV energy in the network, with emphasis on several points: the use of distribution network, responsibility for distribution costs and investments. It is therefore of utmost importance to establish the implications of the different degrees of penetration in the network and the achievable results with each.

TRABAJO FINAL

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se inserta en el marco de la investigación aplicada, en el cual se fomentan las investigaciones y emprendimientos en materia de generación de energías limpias, como se ha realizado en la Universidad de San Juan, en el trabajo de Marcos L. Faccini; Víctor M. Doña; Federico A. Morán, valoración técnica y económica del impacto de penetración de generación distribuida a través de energía solar fotovoltaica, en vistas de mejorar la previsión estratégica para el futuro y además tengan como objetivo, el auto abastecimiento y/o compensación del incremento de la demanda de energía.

Existen probabilidades de colapso de la red eléctrica durante la época invernal y estival por altas demandas energéticas. Futuros precios del petróleo y gas amenazan con la supervivencia de la actual matriz energética (basada el 80% en hidrocarburos). Alto potencial de aprovechamiento técnico-económico ha sido desperdiciado en las viviendas o centros públicos como universidades, hospitals, playas de estacionamiento, etc.

La experiencia y resultados obtenidos en la producción de energía renovable hasta el momento, como la instalación de minicentrales y la implementación de energía eólica, biocombustibles, pilas de combustible, energía fotovoltaica, son aplicables a este proyecto de investigación.

En la actualidad, existen en Mendoza amplios mercados potenciales para diferentes fuentes de energía eléctrica, principalmente para la energía solar, debido a los niveles de radiación propios de la región, en San Rafael, en verano, la radiación total se encuentra en el orden de los 7kW/m^2 , mientras que en invierno presenta un valor de $2,5\text{ [kW/m}^2]$.

En el Programa "GENREN": Licitación de Generación Eléctrica a partir de Fuentes Renovables, de la Secretaría de Energía de la Nación, se muestran retribuciones elevadas por el uso de esta energía renovable EE.RR. Por ello, si dicha fuente de energía se aplica en pequeña escala, podría ser útil para paliar la crisis energética en un muy buen porcentaje, 20 al 30% dependiendo del factor de penetración que ésta tenga en la RED. Sería beneficioso aprovechar la posibilidad de generar energía eléctrica entre las 8 y las 18hs e inyectarla a la red, como aporte complementario al sistema de suministro.

1.1 Grado de avance

El proyecto tiene un importante grado de avance debido a que se ha aplicado en bibliotecas públicas, y comedor universitario del Campus UNCuyo (Mza).

La producción de energía eléctrica con combustibles fósiles resulta cada vez más inviable desde el punto de vista social, técnico y económico. La dependencia crítica de los combustibles fósiles provoca inseguridad e incertidumbre económica y energética. Existen en la actualidad experiencia y resultados obtenidos en producción de energía renovable Como: Minicentrales, Energía Eólica, Energía Fotovoltaica, Biocombustibles, Pilas de Combustible, que son aplicables a éste proyecto. Hoy existe un potencial en Mendoza en estas energías, pero fundamental la resaltada dado que esta provincia cuenta con valores muy buenos, siendo uno de las regiones de mejor radiación del país. El gráfico muestra en valores la radiación en la Argentina en KW/m^2 , ejemplo para San Rafael está en Verano en el orden de los 7kW/m^2 , mientras que en invierno está en $2,5\text{kW/m}^2$, existe hoy en el GENREN que se menciona en bibliografía, retribuciones elevadas por el uso de ésta energía, por ello si se aplica en pequeña escala, podría paliar la crisis energética en un muy buen porcentaje, dependiendo del factor de penetración que esta tenga en la RED, que es motivo del estudio teórico. Hoy existen muchas viviendas que funcionan después de las 18hs, si partiéramos de ésta energía desde las 8hs a las 18hs, esa energía se inyectaría a la RED de generación aportando al sistema esta valiosa energía que hoy está desaprovechada. Nuestra universidad dispone de un equipo para análisis de calidad de energía. San Rafael no dispone de un estudio de como se mejoraría la calidad de está cuando se conectan éstos paneles FTV, con los equipos conversores. Protocolizar y analizar éstos parámetros nos brindaría un estudio completo de la energía inyectada al sistema, como también su calidad.

1.2 Objetivo general

Hasta el momento, no se ha encontrado en el país un trabajo que aborde técnica y legalmente la Generación Distribuida (GD). Por tal motivo, es necesaria la realización de un estudio técnico económico, el cual fuera útil como punto de partida para una reglamentación, cuyo fin sea regular y comercializar la Energía Foto-Voltaica (FTV) en baja tensión.

1.2.1 Objetivos específicos.

1.2.2 Primer etapa del proyecto

- Medir los valores de consumo del edificio de la Facultad Regional San Rafael, con una frecuencia semanal para disponer y contrastar la información que está realizada con el software de simulación.
- Seleccionar el lugar de emplazamiento de los paneles y la potencia disponible que entrará el conjunto (Wp).
- Calcular la potencia que podremos disponer para inyectar a la red.
- Calcular las Corrientes de consumo en función de los horarios de trabajo y de ésta manera determinar secciones de conductores y protecciones eléctricas (Ingeniería básica) y establecer los patrones electricos para acoplarse a la red.

1.2.3 Segunda etapa del proyecto

- Adquirir 4 (cuatro) paneles solares, montarlos en el techo de una de las naves del edificio, como figura en proyecto y realizar la lectura real de irradiación que disponemos, con ello verificaríamos los datos de software, con esto dispondremos datos reales de potencias Wp.
- Conseguir y conectar el Equipo Inversor, igual está para el segundo año de ejecución del proyecto.
- Analizar el impacto que generamos o no al inyectar a la RED de Baja Tension ésta energía.
- Crear una guía técnica, de aportes reales con EE.RR. FTV en dos años dado que actualmente no se dispone de esta información en la zona, como la calidad de energía aportada con generación distribuida (GD), e inyectada a la RED de Distribución en Baja Tension (BT). Este estudio aportara datos tecnicos a la provincia que podran ser utilizados por las distribuidoras EDEMSA, EDESTE, Coop. Godoy Cruz, y por último los consumidores; que son los que se pretenden incorporar al marco regulatorio.
- Plantear la posibilidad de cambiar el nombre y el destino del impuesto que hoy en día se paga en concepto de energía eléctrica, establecido en la “Ley 23681 Santa Cruz 0,60%”, a nivel provincial, lo que podría resultar en un uso más productivo para la región, orientado al financiamiento de aprovechamientos energético del tipo renovables en pequeñas generaciones y tarifas de las mismas, sumado al a lo que respecta el peaje de energía, logrando así que se pueda tener un aporte competitivo dependiendo de varios factores analizados.

1.2.4 Ventajas del uso de la energia FTV y la GD.

- 1) Altas probabilidades de colapso de la red eléctrica durante la época invernal y estival por altas demandas.
- 2) Futuros precios del petróleo y gas amenazan con la supervivencia de la actual matriz energética (basada 80% en Hidrocarburos).
- 3) Alto potencial de aprovechamiento técnico-económico desperdiciado en las viviendas o centros públicos como universidades, etc.

1.3 Justificacion del Proyecto.

El problema de la satisfacción energética ante una demanda creciente, el daño que produce al ambiente la quema de combustibles fósiles y la inminente escasez de hidrocarburos fruto de diversas razones, hacen pensar que se debe enfocar el problema incluyendo definitivamente a las “energías renovables” no solo en la generación de energía eléctrica sino también en su conversión directa a energías utilizables.

¿Por qué energía fotovoltaica?

- Proviene de una fuente de energía inagotable, al igual que la anterior.
- Es un sistema de aprovechamiento de energía idóneo para zonas donde el tendido eléctrico no llega, ya como el campo o las islas, o bien es dificultoso y costoso su traslado conveniente a más de 5 Km y en potencias bajas.
- Los sistemas de captación solar son de fácil mantenimiento.
- El costo disminuye a medida que la tecnología va avanzando, mientras el costo de los combustibles aumenta con el paso del tiempo, entre otros motivos porque cada vez los hay en menor cantidad.
- El nivel de radiación fluctúa de una zona a otra y de una estación del año a otra, y se efectuarán investigaciones para ver cuál es su variación entre verano e invierno en nuestra zona de influencia.
- Para recolectar energía solar a gran escala se requieren grandes extensiones de terreno y se requiere gran inversión inicial, pero nuevamente la finalidad didáctica justifica su inclusión y estudio.
- Es necesario complementar este método de convertir energía con otros. Los lugares donde hay mayor radiación, son lugares desérticos y alejados (energía que no se aprovecha para desarrollar actividad agrícola o industrial, etc.).

1.4 Descripción de la metodología.

Se eligió como edificio público a analizar, el predio de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Rafael, aprovechando que se dispone de un equipo registrador de energía propio. Con éste, se pueden obtener las curvas de carga y los consumos de energía.

Se hace el análisis de consumos y calidad de energía de la RED y en comparativa a la producida por Paneles FTV. Se necesita registrar en las épocas de mayor y menor demanda de nuestra universidad. Se analizará la compatibilidad energética o perturbaciones que estas energías podrían provocar a las redes de distribución en baja tensión de acuerdo a normativas nacionales e internacionales.

1.5 Contribuciones del Proyecto

Contribuciones al avance científico, tecnológico, transferencia al medio.

La investigación de la implementación y comercialización de la energía eléctrica en forma modular, aplicada en edificios públicos y privados, provee información técnica y de sustento legal, que puede ser utilizada en la regularización de la compra y venta de energía de baja tensión en sistemas distribuidos y sectores urbanizados.

Actualmente, la República Argentina está atravesando una crisis energética. Indefectiblemente, hace falta una regulación que permita, por un lado, AUMENTAR LA POTENCIA INSTALADA EN REDES DE BAJA TENSIÓN ya disponible y por otro, favorecer las energías limpias y renovables. Del análisis técnico y económico a desarrollarse, se podrán inferir ciertos parámetros considerando la introducción de generación FTV en el sector residencial de una red típica de distribución de baja tensión, con inyección de la energía generada a dicha red según la curva de oferta solar (sin almacenamiento en baterías), o el aprovechamiento de espacios destinados a estacionamiento vehiculares en edificios públicos como el predio del poder judicial, hospitales, y el de la "Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Rafael" (UTN FRSR).

1.6 Contribuciones a la formación de recursos humanos.

Incentivar las actividades de investigación en el seno de la Facultad San Rafael, dado que el proyecto involucra a docentes y alumnos de la regional, quienes de sus propias disciplinas vinculan el desarrollo de éste proyecto.

Además se destaca la inserción de la regional en la carrera por reducir los efectos del cambio climático por la utilización de combustibles fósiles.

Se dispondrá de información de un modelo aplicable a los Edificios Públicos de San Rafael, y en la disminución economía de facturación energética como en la colaboración a la matriz Energética de Mendoza con los tipos de Energía renovable mencionadas anteriormente de Mendoza, y con aplicación en todo el país si fuera necesaria.

1.7 Cronograma de actividades.

Año	Actividad	Inicio	Duración	Fin
1	Adquisición de datos y búsqueda de información Relacionada.	01/01/2016	4 meses	30/04/2016
1	Estudio de los datos para determinar la potencia	30/04/2016	2 meses	29/06/2016
1	Estudio comparativo de Calidad de Energia FTV	29/06/2016	6 meses	28/12/2016
1	Estudio de Calidad de Energia en RED de BT	29/06/2016	6 meses	28/12/2016
2	Estudio de los datos para determinar la potencia	01/01/2017	4 meses	30/04/2017
2	Estudio de Calidad de Energia en RED de BT	30/04/2017	3 meses	29/07/2017
2	Estudio comparativo de Calidad de Energia FTV	29/05/2017	7 meses	28/12/2017

2. ECUACIONES, FIGURAS Y TABLAS.

2.1 Cálculos.

A los efectos puramente de cálculo teórico, se encontró una publicación del “Cuarto Congreso Nacional – Tercer Congreso Iberoamericano, Hidrógeno y Fuentes Sustentables de Energía – HYFUSEN 2011”: “Mapa de energía solar colectada anualmente por un plano inclinado. Un ángulo óptimo en la República Argentina” de Raúl Righini y Hugo Grossi Gallegos. En la misma se determinan los ángulos de inclinación, energía solar anual colectada, para 40 estaciones del país donde se tomaron las mediciones, entre las que se encuentra Rama Caída, que es un distrito del departamento de San Rafael, ubicado a 12 km al sur-oeste de la facultad, aproximadamente.

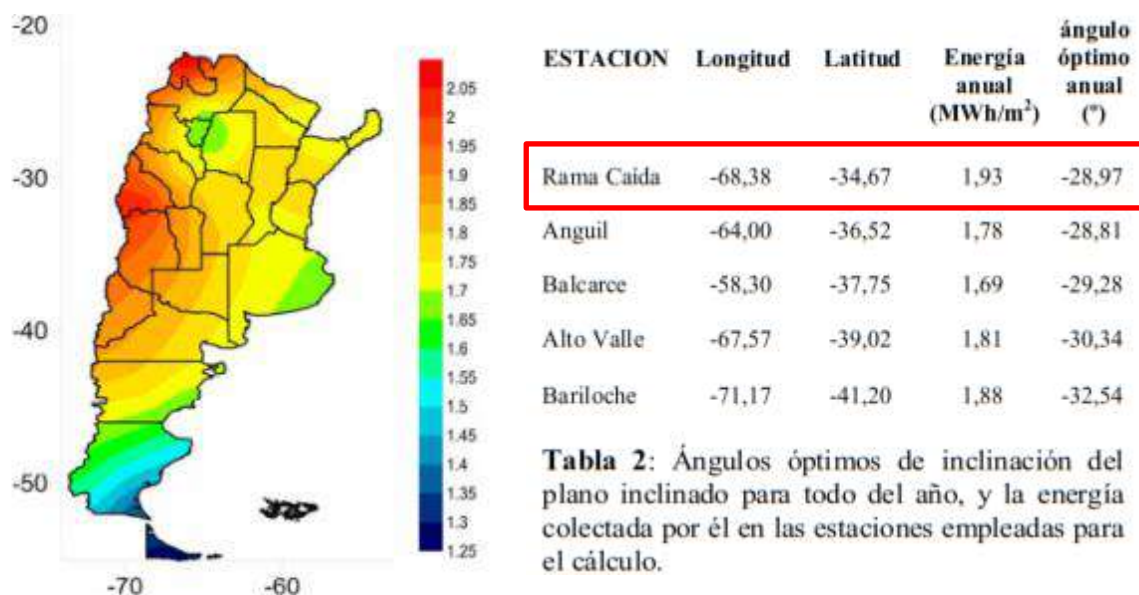


Figura 1: Carta de irradiación solar anual (MWh/m²) colectada por planos inclinados un ángulo óptimo.

Con lo cual tenemos que en Rama Caída, la energía anual es de 1,93 MWh/m², y el ángulo de inclinación óptimo anual del plano es de 28,97° respecto a la horizontal con orientación al norte.

Consultando otras fuentes, se llega a la conclusión de que para un ángulo que varíe entre 19° y 34°, el promedio anual de radiación no varía, siendo 5,30 kWh/m²/día. Si se considera el ángulo óptimo, es decir que los paneles varíen su inclinación respecto a la posición del sol a lo largo del año, se obtiene 5,61 kWh/m²/día, lo cual difiere por 0,31 kWh/m²/día del anterior. En la última fila de la tabla, se determina que el ángulo óptimo promedio, para un panel fijo, es de 31° respecto a la horizontal, valor que entra en el rango entre 19° y 34°.

El valor óptimo, se obtendrá midiendo la radiación en la zona de implantación de los paneles.

2.1.2 Determinación de potencia de la planta FTV

Para determinar la potencia de la plata fotovoltaica, lo que se debe hacer, en caso de pretender solo autoconsumo, sin conexión a la red, es tomar el valor promedio de la potencia en horas resto,

que son las horas en que hay sol y se genera energía. Este valor de potencia será la potencia de la planta fotovoltaica.

Pero como este proyecto pretende tener conexión a la red, y que el balance entre lo que se toma de la misma y se inyecta sea nulo, se deben hacer varias consideraciones.

Primero, durante la noche las luminarias exteriores permanecen encendidas, lo cual genera un pequeño gasto. Segundo, el horario con mayor actividad en la facultad es el nocturno, a partir de las 18 horas, el cual corresponde a horario pico donde no se genera energía fotovoltaica por haberse escondido ya el sol.

Es decir, en horarios de sol se debe generar el total de la energía consumida diaria, más allá de que esta se inyecte a la red y en horario pico y valle se la tome de ella.

Según los perfiles de carga estimados en las secciones anteriores, para la instalación con luminaria fluorescente, la potencia promedio en horas resto es 35 kW, mientras que en horas pico es de 45 kW y horas valle 5 kW. La sumatoria de estas tres potencias da un valor de 85 kW, que podría considerarse equivalente al que debe poseer la planta fotovoltaica. En este caso se considera que la potencia de la planta fotovoltaica será de 83 kWp (kilowatt pico), valor que deja nulo el balance energético según el software.

La sumatoria de estas tres potencias da un valor de 38 kW. En este caso se considera que la potencia de la planta fotovoltaica será de 40 kWp, un poco mayor a los 38 kW para compensar en parte el consumo que producen los equipos de aire acondicionado, que no fueron considerados al obtener el perfil de carga.

2.1.3 Emplazamiento de los paneles

Se propone ubicar los paneles en el ala oeste de la facultad, la cual tiene una inclinación respecto al norte de 21° hacia el este.



Foto 01. Vista satelital del edificio de la FRSR



Foto 02. Vista superior ala oeste del edificio de la FRSR

Las otras opciones de emplazamiento eran el ala este y el laboratorio de materiales. La primera posee menor superficie para una futura ampliación, considerando solo la planta baja, la longitud de los cables al tablero principal sería mayor, así como también sus secciones, y se proyectan sombras en horarios de la tarde, por los árboles que hay en la facultad. El laboratorio de materiales no se utilizó por poseer menor superficie a la necesaria y por proyectarse sombras sobre él. Las siguientes imágenes corresponden al ala este y laboratorio de materiales respectivamente.

El ala oeste posee una superficie apta para ampliación, no se proyectan sombras sobre ella y es más cercana al tablero principal, por lo que requerirá menor longitud de cables. Dicha ala posee una superficie libre de sombras de 787,5 m², siendo su ancho de 10,5 m y su largo de 75m.

2.1.4 Configuración de la planta

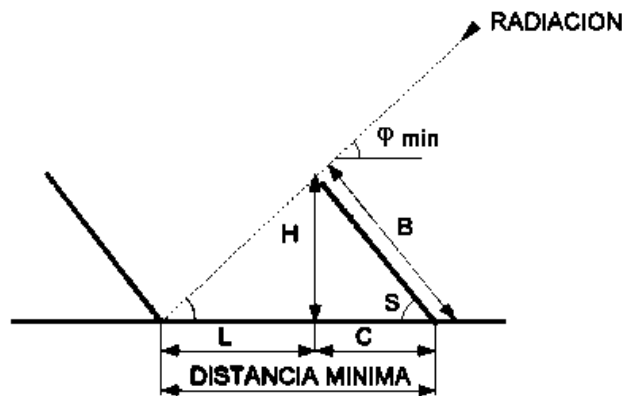
Primero se seleccionó el panel a utilizar, el tipo y potencia. En este caso se eligió un panel policristalino de 60 celdas de 240 W de potencia.

Habiendo seleccionado la potencia del panel, ingresando en el software la potencia pico de cada instalación, se obtiene la cantidad de paneles necesarios:

$$\text{Con luminaria fluorescente} \rightarrow \text{Cantidad} = \frac{83000 \text{ Wp}}{240 \text{ W}} = 346 \text{ paneles}$$

$$\text{Con luminaria LED} \rightarrow \text{Cantidad} = \frac{40000 \text{ Wp}}{240 \text{ W}} = 167 \text{ paneles}$$

La posición de montaje correspondiente, se muestra en la siguiente figura:



Separación entre placas

$$\Phi_{min} = 32^\circ$$

$$S = 25^\circ$$

$$B = 0,998 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

$$H = \text{Sen } 25^\circ \cdot B = \text{Sen } 25^\circ \cdot 1 \text{ m} = 0,423 \text{ m}$$

$$L = \frac{H}{\text{tg } 32^\circ} = \frac{0,423 \text{ m}}{\text{tg } 32^\circ} = 0,676 \text{ m}$$

La distancia mínima entre paneles debe ser de 0,676 m, y se tomó 0,7 m.

2.1.5 Selección del Inversor

Luego se seleccionó el inversor, que transformará la corriente continua producida por los paneles en corriente alterna trifásica para el consumo e inyección a la red. Se seleccionó un inversor de 10 kW trifásico, cuyo modelo comercial podría ser el que provee la empresa ABB, modelo **INV PVI 10.0 TL**.

Cada instalación tendrá la siguiente cantidad de inversores:

$$\text{Con luminaria fluorescente} \rightarrow \text{Cantidad} = \frac{83000 \text{ Wp}}{10000 \text{ W}} = 8 \text{ inversores}$$

$$\text{Con luminaria LED} \rightarrow \text{Cantidad} = \frac{40000 \text{ Wp}}{10000 \text{ W}} = 4 \text{ inversores}$$

Cada inversor tendrá conectados 42 paneles, 21 en cada entrada del inversor (2 entradas cada uno).

2.1.6 Dimensionamiento del cableado

La longitud de los cables entre los paneles y los inversores es de 50 metros en promedio, por ser esta la extensión que cubren los paneles. Cada inversor tendrá conectados cuatro conductores, fase y neutro en cada una de sus dos entradas. Entre los inversores y el tablero principal hay aproximadamente 80 metros, según la canalización que se utilice. Cada inversor tendrá conectado un conductor de esta longitud. El primer cable es unifilar, considerando uno para fase y otro para neutro. El segundo cable es tetrapolar, apto para colocar subterráneo, que consta de las tres fases y el neutro.

Verificación por cálculo. Las secciones de los conductores utilizados es la misma para las dos instalaciones, por lo cual se verifican por caída de tensión para el tramo más largo y cargado, con un $\cos \phi = 0,9$:

Cable de conexión entre paneles e inversores

$$S = \frac{\zeta_{cu} \cdot 2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \phi}{\Delta U} = \frac{0,0178 \frac{\text{mm}^2 \cdot \Omega}{\text{m}} \cdot 2 \cdot 50 \text{ m} \cdot 9,14 \text{ A} \cdot 0,9}{3,9 \text{ V}} = 3,75 \text{ mm}^2$$

Se toma 4 mm².

Cable de conexión entre inversores y tablero general (línea)

El software toma una corriente, que se supone que es la del neutro, por lo tanto se cree que la corriente de cada fase es esa dividido 3: 15,15 A.

$$S = \frac{\zeta_{cu} \cdot \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\phi}{\Delta U} = \frac{0,0178 \frac{\text{mm}^2 \cdot \Omega}{\text{m}} \cdot \sqrt{3} \cdot 80 \text{ m} \cdot 15,15 \text{ A} \cdot 0,9}{2,1 \text{ V}} = 16,01 \text{ mm}^2$$

Este dato no coincide con el del software, por lo que se verificó con otro cálculo. Tomando la sección que nos da el software de 10 mm² y la potencia del conversor de 10 kW:

$$\Delta U = \frac{\zeta_{cu} \cdot L \cdot P}{S \cdot U} = \frac{0,0178 \frac{\text{mm}^2 \cdot \Omega}{\text{m}} \cdot 80 \text{ m} \cdot 10000 \text{ W}}{10 \text{ mm}^2 \cdot 380 \text{ V}} = 3,75 \text{ V}$$

La caída de tensión es de 3,75 V para esa sección de conductor. Se verifica que la pérdida de potencia al final de los conductores sea menor al 1% como indica el software:

$$R = \frac{\zeta_{cu} \cdot L}{S} = \frac{0,0178 \frac{\text{mm}^2 \cdot \Omega}{\text{m}} \cdot 80 \text{ m}}{10 \text{ mm}^2} = 0,1424 \Omega$$

$$P = R \cdot I^2 = 0,1424 \Omega \cdot (15,15 \text{ A})^2 = 32,68 \text{ W}$$

Esta es la pérdida de potencia por fase, que en los tres conductores será 98,05 W, representando menos del 1% de los 10000 W del inversor.

Se toma 4 x 10 mm².

2.1.7 Conexión a la red

Para acoplar el sistema a la red de BT (baja tensión) hay que tener en cuenta principalmente tres aspectos:

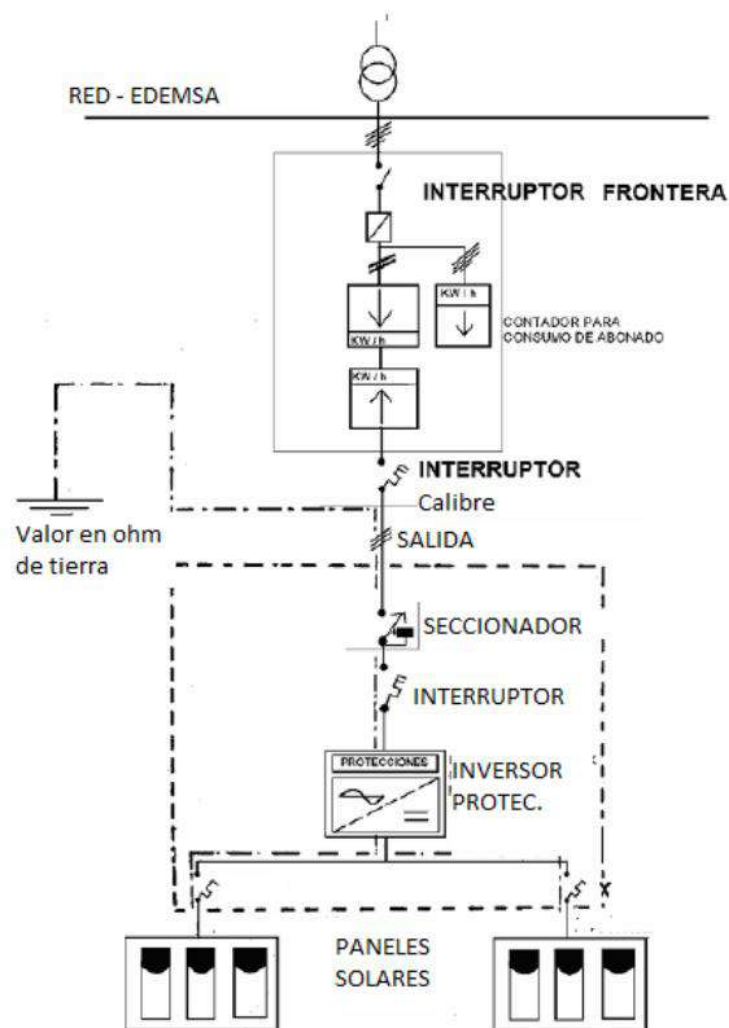
- **Frecuencia:** La frecuencia debe ser de 50Hz que es valor de generación y distribución en Argentina
- **Tensión:** el valor de tensión debe ser igual o no muy diferente +/- 5% de la nominal, para este caso 220/380V.
- **Secuencia:** Esto quiere decir que la onda de corriente debe coincidir con la de empresa distribuidora, es decir, no debe existir desfase entre la onda que se genera y la que se tiene en la red.

Además hay que tener en cuenta las protecciones que debe tener la instalación. No solo se deben considerar las protecciones por sobrecarga, cortocircuito o contra contactos indirectos sino también las que respectan a considerar un acoplamiento a la red en forma segura sin producir perturbaciones en la red eléctrica. Esto implica que la frecuencia de la onda que se inyecta sea la misma que la de la red y que no exista desfase entre ellas.

Es un gran desafío la selección de protecciones para vincular las dos redes ya que las potencias de cortocircuito que se vinculan son muy diferentes y los elementos son sensibles. Por ello es conveniente tratar de vincular mediante algún transformador de relación 1 a 1 como elemento de aislamiento.

Otro objetivo es tratar de que la energía que se entrega al sistema se de buena calidad, como se mencionó antes, esto es porque al pasar por un conversor de continua a alterna la onda generada no es sinusoidal pura y tiene una tasa de armónicas que se debe considerar para no perturbar las redes. Se propone un conexionado como el del esquema siguiente, considerando que en paralelo a la planta fotovoltaica se encuentra la instalación de la facultad, que consumirá energía de la planta y de la red según necesidad.

Esquema unifilar general de conexionado a la red.

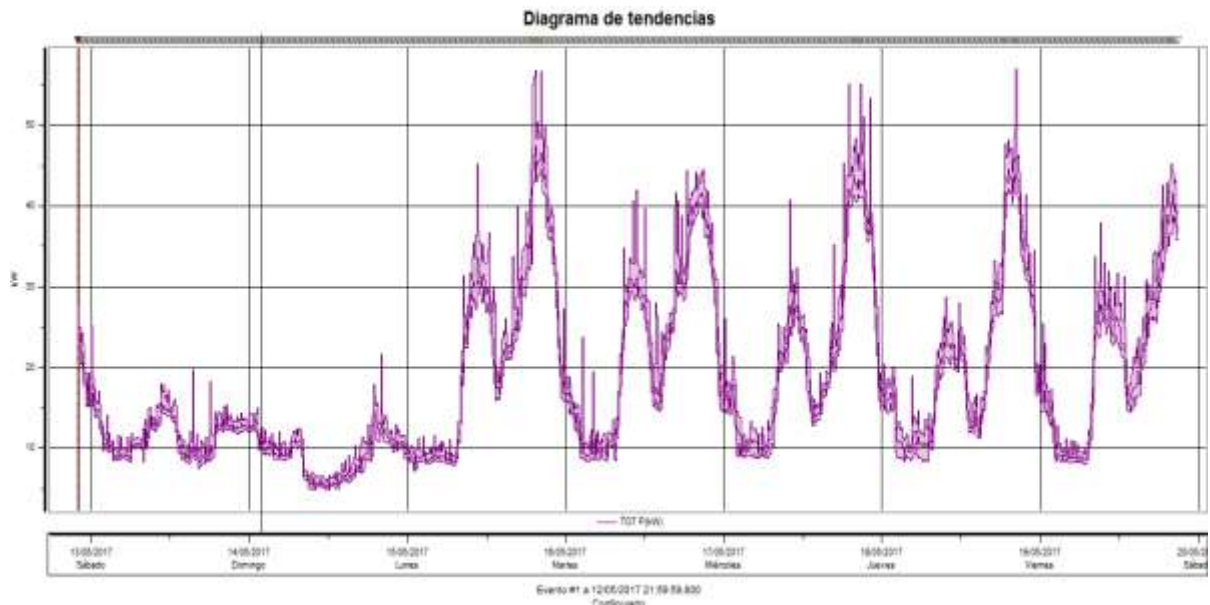


2.2 Análisis de datos de consumos efectivos.

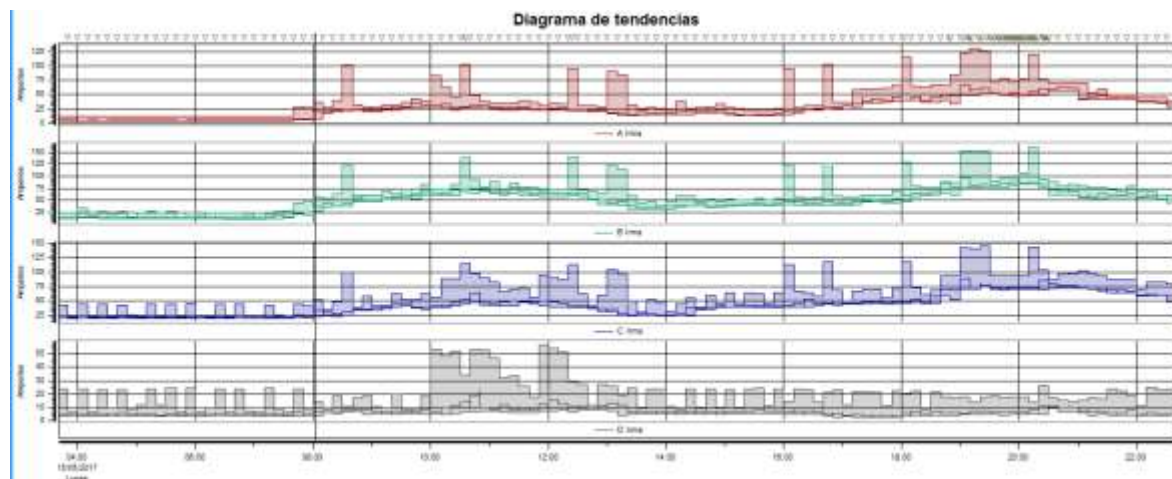
En este acápite se mostrará solamente el mes de mayo del año en curso, teniendo en cuenta las variables y horas de picos de consumo dentro de la institución (Facultad Regional San Rafael – UTN). Se demuestran con tablas y valores los datos obtenidos desde el Analizador de Energía instalado en el tablero principal que abastece a todo el predio.

Luego de reconectar el analizador de red el día 12/05, se extraen los datos el día 19/05 y se analizan los mismos. De acuerdo al análisis realizado, se presta atención en picos de potencia en horarios determinados, como así también la potencia que consume en horarios diurnos y nocturnos.

Se observan picos de potencia nocturnos de 57Kw, los cuales tienen una duración aproximada de 10 min.



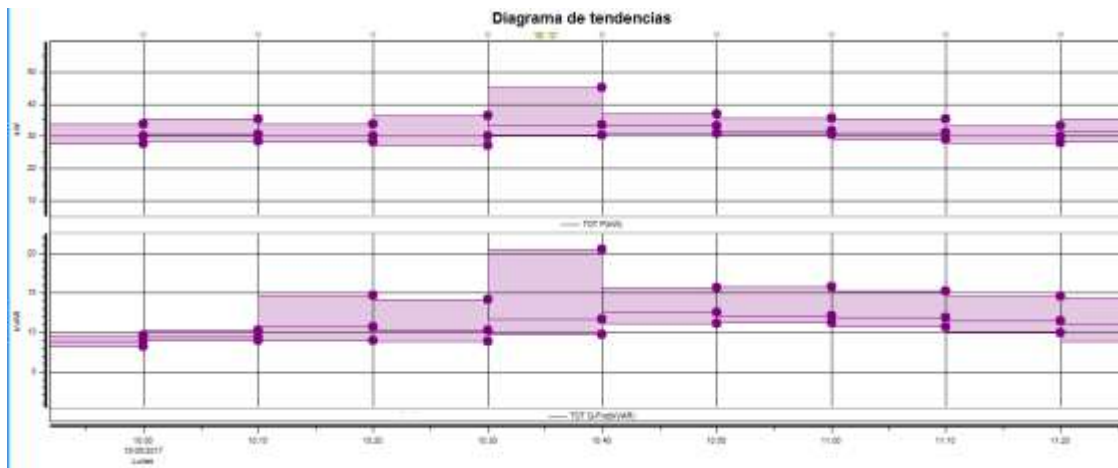
Analizando los datos de corriente, obtenidos del equipo, se ve que el consumo que produce el pico, es en las 3 fases por lo cual el equipo que produce tal consumo es trifásico.



También se observa que, en las tres fases, el día lunes 15 en el lapso de las 10:30 a 10:40hs, se produce un valor de corriente de 100 A aproximadamente. Este pico coincide con los vistos en los datos de la semana anterior, y se corrobora que es un equipo trifásico, de inducción, ya que la potencia reactiva que se observa en la red durante ese evento es alta, coincidiendo su duración con el pico de consumo.

La semana analizada se desconectó un compresor del laboratorio de potencia 3 kW. Se determinó que el mismo no es el problema, ya que los eventos siguen sucediendo de igual manera en los mismos períodos de tiempo.

Se sospecha que el motor que alimenta la bomba de aceite del ascensor del laboratorio, cuya potencia es 10 HP, puede ser el problema, para lo cual se realizará inspección durante las horas donde normalmente se producen los eventos para corroborar si es el equipo que produce ese pico de consumo o cual otro es.



El día 26/05 se realizó un ensayo con los ascensores de la facultad para observar si estos equipos producen los picos vistos.

Valores obtenidos del equipo analizador de redes que muestra los valores de tensiones y corrientes de consumo por fase, “**previo**” al uso del ascensor ubicado en el laboratorio:

FASES	VOLTAJE (VOLTS)	CORRIENTE (AMPER)
A	231.1	33.45
B	229.2	65.45
C	229.0	52.40
D	99.37	4.723

Seguidamente mostramos los valores obtenidos con el equipo analizador de redes de tensiones y corrientes de consumo por fase, “**durante**” el uso del ascensor ubicado en el laboratorio:

FASES	VOLTAJE (VOLTS)	CORRIENTE (AMPER)
A	230.2	55.25
B	228.3	87.76
C	227.9	74.20
D	99.01	4.761

3. CONCLUSIONES.

- La investigación para la implementación y comercialización de la energía eléctrica en forma modular servirá para proveer información técnica y de sustento legal, que puede ser utilizada para la regularización de la compra y venta de energía de baja tensión en sistemas distribuidos en sectores urbanizados.
- Actualmente, la República Argentina está atravesando una crisis energética. Indefectiblemente, hace falta una regulación que permita, por un lado, AUMENTAR LA POTENCIA INSTALADA EN REDES DE BAJA TENSIÓN ya disponible, y por otro, favorecer las energías limpias y renovables como la FTV.
- Se deben continuar con las mediciones mensuales en nuestro predio de estudio, a fin de tener datos certeros para la elaboración de la ingeniería de detalle al momento de selección y posterior montaje de los equipos.

4. REFERENCIAS.

- [1] Néstor Quadri. (2008) *Energía Solar*. Buenos Aires. Argentina. 5° Edición. Editorial Librería y Editorial Alsina.
- [2] Miguel Pareja Aparicio.(2015) *Energía Solar Fotovoltaica – Cálculo de una instalación aislada*. España. 3° Edición. Editorial Marcombo.
- [3] JFernandez. (2010) *Compendio de Energía Solar Fotovoltaica*, Térmica y Termoeléctrica. España. 2° Edición. Editorial Rustica.
- [4] Miguel Ángel Sánchez Cortés. (2009). *Calidad de la Energía Eléctrica*. España. 1° edición.

Herramientas Sistemáticas de Diseño aplicadas al Desarrollo de un Nuevo Producto

Chodorge, Gastón; Ramos Montes, Manuel A.; Zieniewicz, Pedro A.; Cohen, Rodolfo S.*; Enriquez, H. Darío; Kowalski, Víctor A.

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones.

Juan Manuel de Rosas 325, Oberá (3360), Misiones.

saulcohen@fio.unam.edu.ar. hdarioenriquez@hotmail.com. kowal@fio.unam.edu.ar

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo presentar un proceso para el desarrollo de un producto. Fue realizado por alumnos de la asignatura Ingeniería y Comercialización de productos y Servicios, de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Misiones. Se presentan planteamientos metodológicos del desarrollo de un nuevo producto, desplegando una guía para el desarrollo de productos dentro de un programa amplio, que integra también Marketing y Servicios. Se utilizaron herramientas sistemáticas de diseño, aplicando los siguientes Análisis: Funcional, de Valor, Fast, aplicadas desde el enfoque de Ingeniería Concurrente. Estas técnicas se aplicaron en base a los resultados de una investigación de mercado. Luego se realizó el diseño detallado del producto y de los procesos para su obtención, utilizando el método de Despliegue de la Función Calidad (QFD), orientando todo el proceso de desarrollo hacia las expectativas del usuario. Con el proceso implementado se obtuvo un prototipo virtual diseñado de acuerdo a características de calidad demandadas, junto con las especificaciones de los procesos, recursos humanos e infraestructura necesarios para su fabricación.

Palabras Claves: Desarrollo de Producto, Análisis Funcional, Análisis de Valor, QFD, Ingeniería Industrial.

ABSTRACT

This paper presents a proposal for a product development process, performed by students in the subject Engineering and Commercialization of products and Services, at the Industrial Engineering curriculum in Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones. Methodological approaches are presented for the development of a new product, displaying a guide for the development of products within a broad program, which also integrates Marketing and Services. Systematic design tools were used applying the following Analysis: Functional, Value, Fast, applied from the Concurrent Engineering approach. These techniques were applied based on the results of a market research. Then the detailed designs of the product and the manufacturing processes were obtained, using the method of Quality Function Deployment (QFD). In this way, the entire development process was oriented towards user expectations. With the process developed a virtual prototype was obtained, designed according to quality characteristics demanded, also the specifications for processes, human resources and infrastructure necessary for its manufacture.

Keywords: Product Development, Functional Analysis, Value Analysis, QFD, Industrial Engineering

1. INTRODUCCIÓN

El contexto empresarial e industrial actual está signado por una creciente exigencia por parte de los clientes sobre los requisitos de calidad que deben cumplir los productos y los servicios. El desarrollo de la información y, la abundancia y disponibilidad de los productos, sitúan hoy en día al cliente en un lugar privilegiado. El cliente nunca ha estado tan privilegiado como en nuestros días; él es quien paga y él es quien elige. Todo producto, sean cuales sean sus características y el esfuerzo publicitario que lo acompaña, fracasará tarde o temprano si no cumple con las necesidades del cliente. El cliente no acepta defectos, y no tiene por qué ser de otro modo. El cliente paga para tener calidad y no para tener inconformidades. Se trata para él de algo natural que espera encontrar cada vez que paga por un producto [1].

Es en este punto donde la ingeniería concurrente (IC) es muy importante en el desarrollo de soluciones competitivas a través de considerar su ciclo de vida, incrementar su valor agregado, mejorar la calidad, los costos y el tiempo de desarrollo [2, 3].

En las distintas empresas y en distintas escalas de fabricación, conviven metodologías diversas para el diseño y desarrollo de nuevos productos [4]. En un principio, se analizaba desde dos miradas; desde la perspectiva del Marketing y desde el Diseño industrial. Pero también se identificó un tercer enfoque característico que podía complementarse a nivel industrial, se trata del enfoque de la Ingeniería o Manufactura del producto.

Para que las personas y las organizaciones obtengan los beneficios de la creciente especialización y productividad que acompaña al desarrollo económico, son necesarios numerosos intercambios, los cuales no ocurren en forma automática, ni cada uno lleva necesariamente a satisfacer de una manera mutua una relación a largo plazo. Las condiciones para una exitosa transacción de intercambio sólo se pueden satisfacer después de que las partes, o intermediarios hayan realizado varios trabajos, entre los que se incluyen identificar posibles socios de intercambio, desarrollo de ofertas, comunicación de información, entrega de productos y recuperación de pagos. Esto es lo que constituye el marketing [5].

El desarrollo de un producto debe considerar las necesidades y deseos de los usuarios, tanto actuales, como nuevos o potenciales [6]. La función de marketing media las interacciones entre las empresas y sus clientes. Se define [7] al marketing como un proceso para crear valor para el cliente, construir relaciones fuertes con ellos y capturar valor de ellos. El concepto de producto establece que los consumidores favorecen los productos que ofrecen la calidad, el desempeño y las características innovadoras mejores.

Mediante la investigación comercial, entre otros aspectos, se identifican las necesidades de los clientes, las oportunidades de nuevos productos y los segmentos del mercado. También se ocupa de la comunicación entre la compañía y sus clientes, establece los precios objetivo, los canales de comercialización, y del lanzamiento y promoción del producto [8].

El Diseño es un término que suele emplearse tanto como verbo y como sustantivo, adquiriendo a su vez múltiples significados y asociaciones [9]. Comprende un proceso que resulta en la determinación de la forma del producto. Generalmente comienza como una necesidad, requisito o una idea, y termina con las especificaciones para la producción y uso del objeto [9]. Se ocupa de forma física al producto atendiendo a las necesidades de los clientes de manera tangible (transformándolas en funciones y en características técnicas). La función del diseño incluye el diseño de ingeniería (mecánico, eléctrico, software, etc.) y el diseño industrial (estético, ergonómico, interfaces de usuarios) [8].

Por último, a la Ingeniería le compete dar el sustento tecnológico a las distintas fases del proceso y al sistema en general, posibilitando el funcionamiento, concretando la fabricación, contemplando aspectos económicos y del ciclo de vida [10]. El diseño de Ingeniería comprende procesos para generar planes o esquemas para dispositivos, sistemas o procesos, que deben cumplir objetivos pero también ajustarse a restricciones [11]. Entre los aspectos que influyen sobre el diseño, los que se relacionan con la manufactura generalmente son los que tienen mayor influencia y prioridad frente a otros criterios o requerimientos conflictivos [12].

El proceso de diseño del producto no es un proceso lineal ni tampoco fácilmente parametrizable, sin embargo, para su estudio es necesario que se lo esquematice de alguna manera, dando por sentado que cualquier esquema intenta representar un proceso que no es estándar.

Un proceso para el desarrollo de un producto se describen [8], como un conjunto de disciplinas en él que se destaca la concurrencia del Diseño, el Marketing y la Manufactura, junto con otras funciones de negocios. De manera similar, [3] se destacan las mismas disciplinas clave y el trabajo interdisciplinario en un entorno de IC, junto con otras funciones de la empresa. El proceso propuesto por [8] consta de las siguientes etapas:

- Planeación: Identificación de oportunidades de mercado, segmentación, evaluar tecnologías, identificar capacidades y restricciones de producción, elaborar estrategia de la cadena de suministros, asignar recursos, etc.

- Desarrollo del concepto: Se identifican las necesidades del mercado objetivo, se generan conceptos (descripción de forma, función y características del producto) alternativos, se seleccionan uno o más conceptos para desarrollo y pruebas adicionales, etc.
- Diseño a nivel sistema: Incluye la definición de la arquitectura del producto y la descomposición en subsistemas y componentes, planes iniciales del sistema de producción y el esquema de ensamble, análisis de fabricación versus compra, etc.
- Diseño de detalle: especificación completa de la geometría, materiales, tolerancias, herramental, costos de producción, planes de proceso, de partes a manufacturarse y partes a ser adquiridas a proveedores, plan de mercadotecnia, aseguramiento de la calidad, etc.
- Pruebas y refinamiento: construcción y evaluaciones de versiones de preproducción, pruebas de campo, promoción, plan de ventas, evaluación ambiental, etc.
- Inicio de la producción: Capacitar al personal, colocar en el mercado la primera producción, evaluar resultados, iniciar la producción regular, revisión del proyecto.

Otro de los esquemas posibles se plantea a continuación [13]: en primer lugar deben determinarse las especificaciones generales del producto; en segundo lugar, realizar un análisis de viabilidad, si el producto se demuestra viable entonces tiene sentido hacer un diseño preliminar, para después continuar con el diseño detallado. Al mismo tiempo debe planificarse el diseño del proceso, que sería la siguiente etapa. Por último, en la fase de implantación generalmente hay que re-analizar tanto el producto como el proceso. Todas las fases están íntimamente relacionadas y, en numerosas ocasiones, deben desarrollarse simultáneamente.

Por lo tanto, el proceso de desarrollo del producto comienza con las expectativas del cliente y concluye con la salida hacia el mercado del producto terminado [14]. Entonces, el proceso consiste en traducir las expectativas del cliente en especificaciones internas de la empresa y transmitir fielmente dichas especificaciones a las distintas funciones implicadas. Este proceso se representa en la figura 1.

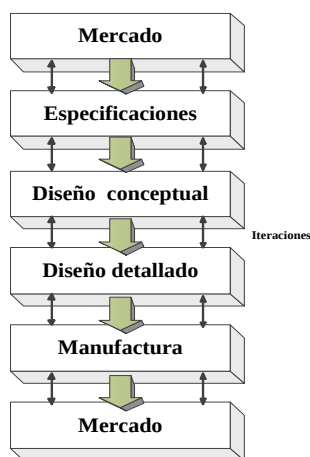


Figura 1. Un proceso de diseño [8].

Es necesario adoptar un enfoque práctico, que en las etapas de planeación del producto integre herramientas y técnicas que permitan incorporar las necesidades de los clientes. Es allí donde las herramientas sistemáticas (o analíticas) y QFD (*Quality Function Deployment*- Desdoblamiento de la Función Calidad) pueden aportar significativamente a los objetivos propuestos [3,15]. Cabe mencionar que los métodos sistemáticos no intentan desmerecer el uso de la intuición o experiencia del diseñador, sino que buscan incrementar la producción y la inventiva. En todo diseño exitoso siempre existe una cuota de intuición [3]. Separadas o en conjunto, las herramientas sistemáticas ya registran numerosas aplicaciones.

El QFD puede ser visto como una técnica para convertir los requisitos referentes a la voz del consumidor en requisitos de proyecto, ingeniería, fabricación y producción, para garantizar que ellas atiendan a los atributos deseados por los usuarios [12, 16, 17].

El presente trabajo tiene por objetivo presentar un caso de desarrollo de un producto, utilizando herramientas sistemáticas de diseño y QFD, en un entorno de la Ingeniería Concurrente, y técnicas de marketing para la interpretación de las necesidades de los clientes. El trabajo fue realizado por un grupo de alumnos de la asignatura Ingeniería y Comercialización de productos y Servicios, de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Misiones.

En la siguiente sección se presentan brevemente los métodos sistemáticos utilizados; en la tercera sección se realiza un recorrido por el proceso de desarrollo del producto, comenzando por la definición del problema, la investigación de mercado, hasta llegar a la aplicación de los métodos y sus resultados; finalmente se presentan las conclusiones del trabajo.

2. MÉTODOS SISTEMÁTICOS DE DISEÑO

En el caso que se presenta se utilizaron métodos sistemáticos cuantitativos y cualitativos [18], para concretar las fases de diseño conceptual y detallado. Los métodos son: Análisis Funcional, Análisis FAST, Análisis de Valor, y QFD, en conjunto con herramientas de Marketing. Con la utilización de estas herramientas se llegó a una propuesta de diseño acorde con los resultados obtenidos de una investigación de mercado previamente realizada. Para realizar la investigación de mercado, se siguieron las etapas [19]: a) definición del problema y objetivos de la investigación; b) planificación de la Investigación; c) recopilación de datos; d) análisis de datos; e) presentación de resultados y f) tomar decisiones.

Antes de comenzar con las etapas del diseño, se efectuaron Análisis Sincrónico y Diacrónico. Estos son parte de un conjunto de análisis o “lecturas” previos al diseño del producto, que permiten conceptualizarlo, ubicarlo históricamente, concluir respecto a sus aspectos formales, funcionales, estructurales, tecnológicos, etc., para precisar el problema, recolectar e interpretar información que posteriormente se utiliza en el diseño [20, 21]. El Análisis Diacrónico consiste en investigar el surgimiento y de la evolución histórica del producto. Se analiza la evolución del producto en el tiempo, para conocer las modificaciones y mejoras que recibió. El Análisis Sincrónico, también denominado Comparativo, busca establecer las diferencias y las similitudes con otros que cumplen igual función, pero diferentes en lo morfológico, tecnológico, incluyendo productos de diferentes momentos [21].

2.1. Análisis Funcional y FAST

El Análisis funcional es un método para analizar, desarrollar y describir una “estructura funcional”, que es un modelo del producto que va a ser desarrollado, en el que se establecen las funciones que ha de realizar el objeto, haciendo abstracción de los componentes físicos que las desarrollan [15]. Estudia la relación de adecuación o finalización del producto y las necesidades o expectativas del cliente [22].

Se define el concepto de función como “la relación entre las entradas y salidas de un sistema cuyo objetivo es llevar a cabo una tarea” [2]. Las funciones representan “que” tiene que hacer el producto para satisfacer las necesidades del cliente, independiente de cualquier solución física. Las funciones son normalmente definidas mediante declaraciones con la forma: verbo y sustantivo. Se asume que el diseño es un transformador de entradas (flujo de materia, energía, información) en salidas, donde se encuentran las funciones deseadas. Se utiliza para esto la representación como “caja negra”, que relaciona únicamente las entradas y salidas conocidas. El objetivo es dilucidar cuales son las funciones que se desarrollan en la caja negra [22]. Se la transforma así en una “caja transparente”, en la medida que se responden a las preguntas de cómo se transforman las entradas en salidas, hasta el nivel necesario para lograr plenamente las funcionalidades del producto. Las funciones se clasifican en básicas y secundarias. Una función “básica” es la función general específica que debe realizar el producto; y una función secundaria es una función necesaria para realizar la función básica, o una función que resulta al realizar la función básica [11]. En ciertos productos también pueden identificarse funciones “innecesarias” y/o “perjudiciales”, que no aportan utilidad o no contribuyen a un mejor funcionamiento, y lógicamente su efecto debe reducirse todo lo posible [22].

El método FAST (*Functional Analysis System Technique*) consiste en relacionar las funciones ligadas al producto y expresarlas en un diagrama. De esta manera ayuda a identificarlas y a conocer cual el papel que desempeñan sobre el producto [23]. El diagrama FAST muestra en una estructura lógica que describe la dimensión “como/por qué” se realiza cada función. Por último, permite identificar un “Camino Crítico” de funciones, compuesto por aquellas que deben ser ejecutadas para alcanzar la función básica [24].

Para construir el diagrama, se comienza con una función y se realiza la pregunta de “cómo” se realiza, avanzando así sucesivamente, desde una función de mayor orden hacia otra de orden inferior. A medida que se avanza en la dirección “como”, menos abstractos son los elementos, y se pasa de las función a ejecutar (problema) al sistema que la realiza (solución). En el sentido opuesto, la pregunta que subyace es “por qué” se realiza la función. La importancia del FAST está en que facilita en análisis de relaciones de las funciones del producto, de cara a introducir posibles mejoras [22].

2.2. Análisis de Valor

El Análisis de valor busca identificar y eliminar los costos inútiles de un producto [25]. La idea es aumentar el valor de los productos, suministrándolos a precios más bajos sin disminuir su calidad o fiabilidad. Se busca optimizar la relación Función/Costo, reduciendo o eliminando costos que no agreguen valor al objeto. El análisis contempla también las funciones que el cliente desea, y está dispuesto a pagar [26].

El análisis del valor debe enfocarse primeramente en el análisis de las funciones con más influencia en los costos, reconociendo sus funciones básicas, aquellas sin las cuales el producto

carecería de valor, y considerando a las demás funciones como secundarias. Se debe determinar si son esenciales, o pueden ser eliminadas, o simplificadas.

Para realizar el Análisis de Valor, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) [26] propone seguir los siguientes pasos: a) definición del objeto del análisis; b) recogida de información sobre valor de costo, de cambio, de estima y de uso; c) establecimiento de objetivos de mejora; d) análisis de las funciones requeridas; e) análisis del grado de satisfacción logrado por las distintas soluciones de diseño.

2.3. Despliegue de la Función Calidad (QFD)

El QFD es una herramienta que permite orientar el diseño del producto y los procesos necesarios para su obtención, hacia las expectativas del usuario [3, 9, 17, 22, 27]. De acuerdo con esto, QFD puede utilizarse como soporte para todo el proceso de desarrollo de un producto, desde las fases iniciales de definir el producto y sus especificaciones, hasta el diseño del proceso de producción y el sistema de aseguramiento de la calidad [27]. También se puede afirmar que es una herramienta que conduce el producto, integrándole valor, hasta posicionarlo en un nivel competitivo y de predilección por parte del cliente. Es un método para desplegar, antes del arranque de la producción, los puntos más importantes que garantizan la calidad en el diseño del producto, a lo largo de todo su proceso de desarrollo [1].

Tradicionalmente, la metodología QFD se compone de cuatro fases, que despliegan los requerimientos de los usuarios, a lo largo de todo el proceso de planeación. Cada una de las fases de QFD utiliza una matriz (o “Casa de la Calidad”), y la salida una constituye la entrada de la siguiente (el “cómo” de una matriz se convierte en el “qué de la siguiente”). Estas fases son [3, 9, 27, 28]: 1) Matriz de planificación del producto, en la cual los requerimientos de los usuarios se traducen en requerimientos de ingeniería del producto, y se priorizan tales requerimientos; 2) Matriz de desarrollo de las partes o componentes, en la cual se relacionan los requerimientos de ingeniería del producto con las partes o componentes del producto; 3) Matriz de planificación del proceso, que permite desarrollar y seleccionar el proceso de producción, identificando las operaciones y parámetros fundamentales del proceso; 4) Matriz de planificación de producción, que permite definir los parámetros y métodos de inspección y control, para implementar el proceso de fabricación.

Como herramienta de planificación y diseño de procesos, QFD también tiene otros usos. Por ejemplo, Hirata Okamoto [17] presenta el uso de QFD para desplegar la visión de la empresa en el análisis de las necesidades del cliente.

3. Resultados

El desarrollo del producto inició con la identificación de un problema, detectado a partir de la observación de necesidades mal atendidas por productos existentes para el guardado de bicicletas en espacios reducidos. Para dar solución a este problema, se generaron ideas mediante métodos de creatividad, que, después de ser evaluadas, dieron origen a la idea de un producto nuevo o de un rediseño.

3.1. Investigación del mercado

Se localizaron los segmentos del mercado objetivo en el Nordeste Argentino (NEA). Los principales resultados que se obtuvieron en la investigación de mercado, que se refieren a las características del producto fueron:

- Aproximadamente el 57% de los encuestados posee una bicicleta. La principal motivación del 40% de los encuestados es el uso deportivo de la bicicleta.
- El 82% de los encuestados la guarda dentro de la casa; el resto actualmente no lo hace pero lo consideraría conveniente.
- Se detectó que la suciedad es una molestia leve al guardar la bicicleta dentro del hogar, mientras que el espacio es una molestia importante para el usuario. Además, se determinó que el 90% de los que guarda la bicicleta dentro del hogar y esto le genera una molestia, no utiliza un mecanismo para solventar este problema.
- Las características que preferentemente debe presentar el soporte son: la posibilidad de moverlo y que posea un mecanismo manual para su elevación.
- Los posibles usuarios prefieren en su gran mayoría el color negro y el hierro como material principal.
- Más de la mitad de los encuestados optó por un soporte capaz de elevar dos bicicletas a la vez.
- La altura preferida para elevar la bicicleta, fue posicionarla contra el techo.
- Más de la mitad de los encuestados no destinaría el producto para otro uso. Sin embargo, sugirieron colocar como accesorio adicional herramientas para bicicletas y ganchos para colgar elementos de ciclismo.

- La mayoría de los usuarios encuestados espera un producto de alta calidad y que a su vez sea de fácil montaje, por sobre otras características como la estética.
- Se determinó un rango de precios adecuado desde el punto de vista de encuestados, junto con otros aspectos para la comercialización del producto.

3.2. Diseño del producto aplicando los métodos sistemáticos

3.2.1. Análisis Funcional y FAST

Considerando al producto a desarrollar como una “caja negra” con entradas y salidas, se estableció la “estructura de funciones”, para dar la funcionalidad externa deseada. Luego se relacionaron las funciones desde la entrada y salida como un proceso, representado como un diagrama de bloque de funciones (figura 2).

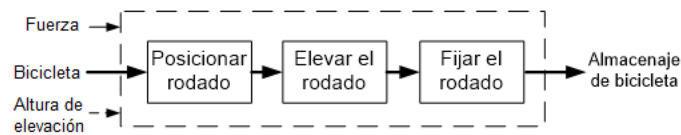


Figura 2. Diagrama de bloque de funciones. Elaboración propia.

Seguidamente, se identificaron las funciones Básicas y Secundarias del producto (figura 3), así como las de Uso (almacenar bicicleta; ahorrar espacio; reducir la fuerza de elevación) y de Estima (proveer estética; transmitir seguridad).

Item	Nombre	Funciones		Función	
		Verbo	Sust.	B	S
1	Receptor	Sostener	Rodado	X	
		Posicionar	Vehículo		X
		Fijar	Rodado		X
2	Viga	Soportar	Receptor	X	
		Elevar	Bicicleta		X
3	Guía	Guiar	Viga	X	
		Adherir	Pared		X
4	Polea	Guiar	Cable		X
		Mover	Receptor	X	
5	Cable	Solidarizar	Componentes	X	
		Soportar	Viga		X
		Elevar	Rodado		X
6	Contrapeso	Contrarrestar	Peso	X	
		Elevar	Bicicleta		X
		Variar	Rodados		X

Figura 3. Funciones Básicas y Secundarias.

Se elaboró un diagrama de Pareto de priorizaciones, a partir del método de Mudge [29, 30] en base a las funciones básicas de cada parte del producto (figura 4). Los pesos relativos obtenidos con el método de Mudge fueron: “Sostener Rodado”, 37%; “Mover Receptor”, 18,5%; “Solidarizar Componentes”, 18,5%; “Soportar Receptor”, 14,8%; “Contrarrestar Peso”, 11,2%; y “Guiar Viga”, 0%. Estos pesos dieron una idea del valor de las funciones, para asignar mayores recursos a las prioritarias y evaluar cómo mejorar las de menor valor.

Fase de la Función: Evaluación Numérica de las Funciones														
PROYECTO/PRODUCTO:														
CLAVE		FUNCIÓN									PESO			
A		Sostener Rodado									10			
B		Soportar Receptor									4			
C		Guiar Viga									0			
D		Mover Receptor									5			
E		Solidarizar Componentes									5			
F		Contrarrestar Peso									3			
											TOTAL		27	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M		
	A2	A3	A2	A2	A1									
	B	B2	B1	E1	B2									
		C	D3	E2	F3									
			D	D1	D1									
				E	E2									
					F									
						G								
							H							
								I						
									J					
										K				
											L			

Figura 4. Funciones y sus ponderaciones.

A partir del peso o ponderación de las funciones, el diagrama FAST permitió identificar el “camino crítico” de las funciones, que deben ser ejecutadas para alcanzar la función básica principal (figura 5).

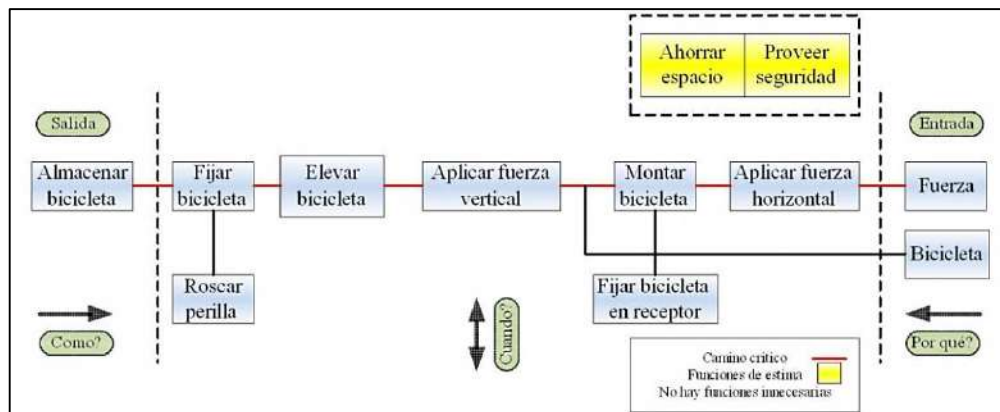


Figura 5. Camino Crítico de funciones, obtenido con Análisis FAST.

3.2.2. Análisis de Valor

Se realizó un Análisis Vectorial de Valor [29] de cada función. Se buscó el mínimo costo a partir de la importancia de las funciones, cumpliendo con todas las exigencias requeridas del cliente. Se evaluó la pendiente de la importancia relativa de cada función (U) (figura 6), en relación con el grado de importancia relativa del costo (ecuación 1):

$$U(\text{Valor}) = f(F, C) = \tan \frac{F_r}{C_r} \quad (1)$$

Donde F_r es el valor de la función y C_r es su costo. A partir de este análisis, se concluyó que guiar la viga y contrarrestar el peso del rodado, no aporta valor suficiente en lo que a costos se refiere.

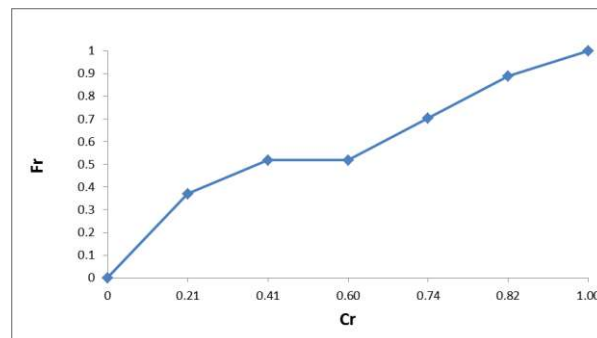


Figura 6. Análisis Vectorial de Valor de las funciones.

3.2.3. Metodología QFD

Para la aplicación de la metodología QFD, se siguió la propuesta de Echeveste, Ribeiro y Danilevicz [31], que consiste en aplicar las siguientes matrices: 1) matriz de características de calidad; 2) matriz del producto - partes del producto; 3) matriz del proceso-partes del proceso; y 4) matriz de recursos humanos y de infraestructura.

De la primera matriz, resultó la priorización de características de calidad (iQ^*) que se muestra en el gráfico de Pareto en la figura 7. Se observa en esta las principales características más demandadas por los usuarios: poseer cantos redondeados; sistema con contrapeso; iluminación (led); color negro, buen acabado superficial y sistema con entrapamiento tipo mordaza.

En la segunda matriz, se desplegaron las características de calidad en componentes del producto, lográndose la priorización (iP) de las partes que deben ser desarrolladas, para cumplir las características requeridas (figura 8). Las partes con mayor priorización fueron: sistema de cable de acero; polea y contrapeso, los cuales conforman el sistema de elevación. Luego, se determinaron las características de las partes (peso, volumen del contrapeso, largo del cable, entre otras), utilizando un procedimiento basado en una matriz, del cual también se obtuvo una priorización de tales características.

En la tercera matriz se desarrolló el proceso productivo. Quedó en evidencia el grado de relación entre cada etapa del proceso y cada característica de calidad, identificándose aquellos procesos críticos para asegurar la calidad del producto (figura 9), para así poder monitorearlos, controlarlos y optimizarlos. Como procesos clave, se destacaron el ensamble del conjunto de cables y sus

accesorios, luego las actividades de corte y acabado de la viga y soporte, el ensamblaje del conjunto viga-soporte y el ensamblaje del conjunto polea-contrapeso. La cuarta y última matriz permitió priorizar los recursos humanos y de infraestructura necesarios para la fabricación (figuras 10 y 11). Los recursos críticos identificados fueron: operarios de perforado, pintado y embalado, y de plegado. En cuanto a infraestructura, las áreas clave identificadas fueron: control de calidad, pintado y plegado, y perforado.

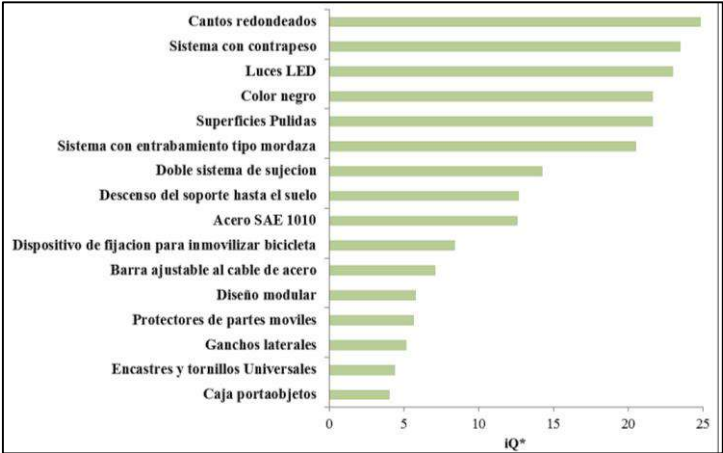


Figura 7. Priorización de características de calidad del producto.



Figura 8. Priorización de componentes del producto.

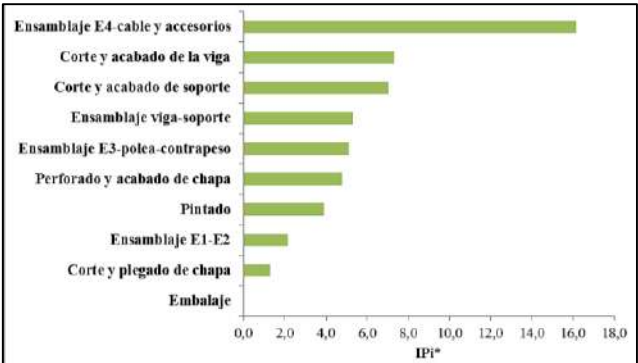


Figura 9. Priorización de procesos.

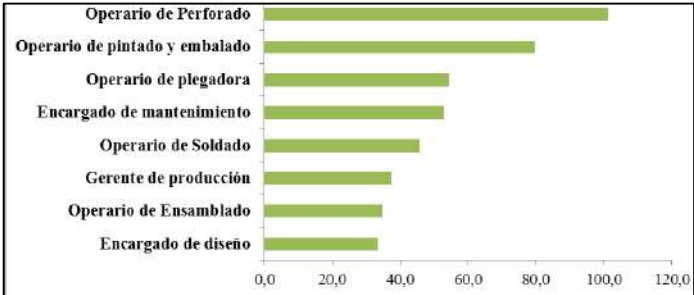


Figura 10. Priorización de recursos humanos.

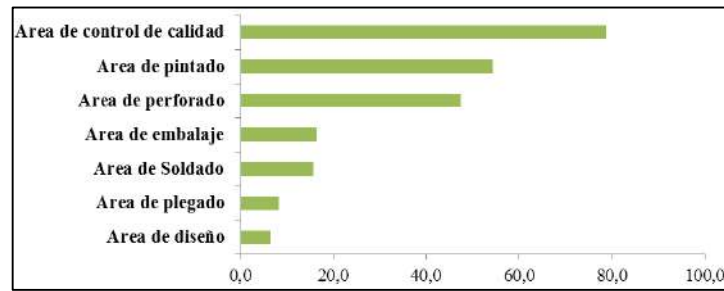


Figura 11. Priorización de recursos de infraestructura.

3.2.4. Prototipo virtual del producto

Una vez concluidas las etapas del diseño del producto, se desarrolló un prototipo virtual del mismo, junto con los planos normalizados tanto del conjunto, como de sus componentes y ensambles. Para esta instancia se utilizó un software CAD/CAM. En las figuras siguientes (figuras 12 y 13) se presenta el prototipo del producto.

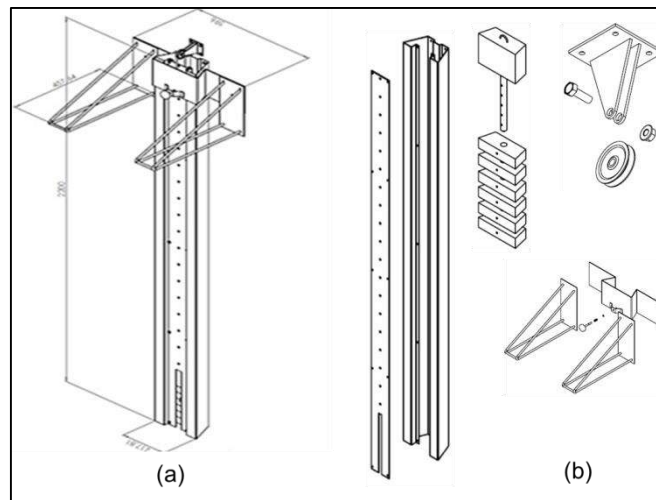


Figura 12. (a) Prototipo del producto y (b) sus componentes.

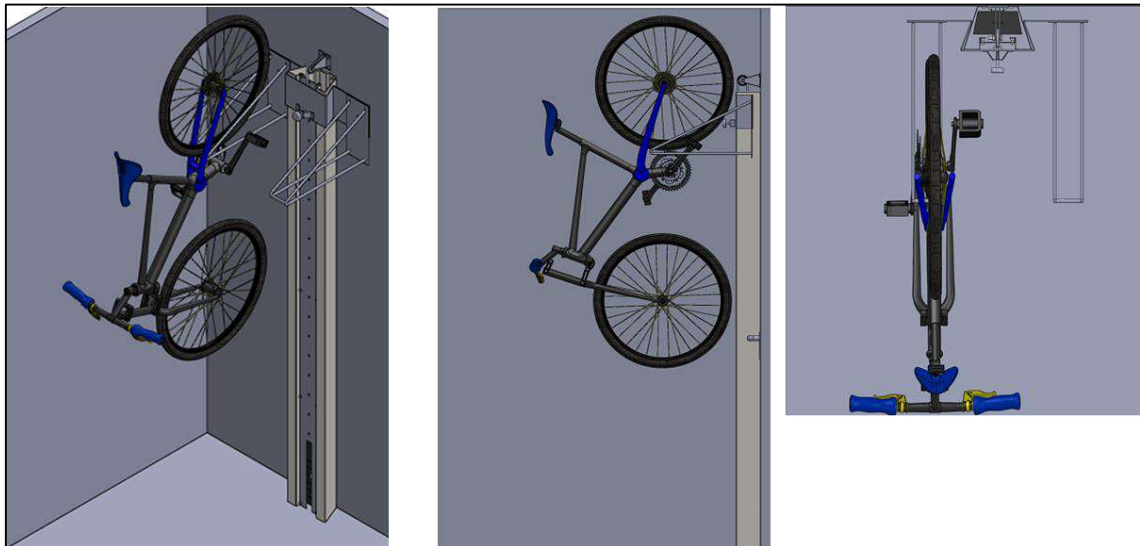


Figura 13. Prototipo del producto en condición de uso.

4. CONCLUSIONES

Para el diseño de un producto existe un amplio repertorio de métodos y técnicas que pueden utilizarse. Este trabajo se enfoca en presentar el uso de una secuencia de métodos, para orientar el desarrollo de un producto hacia las necesidades, deseos y requerimientos de los usuarios. Lo importante de este panorama orientativo es lo que puede hacerse a la hora de desarrollar un proyecto de diseño, para planearlo adecuadamente, lo cual redituará en calidad.

Los métodos utilizados se apoyan en evidencias objetivas y su aplicación es en forma integrada, garantizando así la solidez del estudio desarrollado.

La utilización de las herramientas sistemáticas permitió identificar las características prioritarias de la calidad demandada, las características prioritarias para la producción y también de los recursos humanos e infraestructura.

El producto consiste en un soporte para bicicletas, con elevación por fuerza física, utilizando un sistema de cables, poleas y contrapeso, para uso en interiores, con capacidad para soportar dos vehículos, entre otras de sus características. Fue concebido partir de la identificación de necesidades mal atendidas y oportunidades de mejora de productos existentes. Tiene funciones adicionales que han surgido de la investigación de mercado. No obstante, debe tenerse en cuenta que el prototipo desarrollado es solamente un primer diseño, que da inicio a un proceso de mejora continua para el producto, destinado a satisfacer necesidades y deseos de los usuarios.

5. REFERENCIAS

- [1] González Sara, Arturo. (2014). *Quality Function Deployment: una herramienta para establecer los requerimientos técnicos de un edificio en México*.
- [2] Riba, C.; Molina, A. (Eds.). (2006). *Ingeniería Concurrente. Una metodología innovadora*. Edicions UPC. Barcelona, España.
- [3] Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K. H. (2007). *Engineering design: a systematic approach*. Tercera edición. Springer. Londres, Inglaterra.
- [4] Sierra, M. S. (2012). "El proceso de diseño y desarrollo de nuevos productos y su relación con el marketing". *VI Jornadas de Investigación en Disciplinas Artísticas y Proyectuales*, 1-9.
- [5] Mullins, J. W.; Walker, O. C.; Boyd, H. W.; Larréché, J. C. (2007). *Administración del marketing: un enfoque en la toma estratégica de decisiones*. Quinta edición. McGraw-Hill. México.
- [6] Mirtalaie, M. A.; Hussain, O. K.; Chang, E.; Hussain, F. K. (2017). "A decision support framework for identifying novel ideas in new product development from cross-domain analysis". *Information Systems*, 69, 59-80.
- [7] Kotler, P.; Armstrong, G. (2016). *Principles of marketing*. Decimosexta edición. Pearson. Harlow, Inglaterra.
- [8] Ulrich, K. T.; Eppinger, S. D. (2013). *Diseño y desarrollo de productos*. Quinta edición. McGraw-Hill. México.
- [9] Childs, P. R. N. (2014). *Mechanical design engineering handbook*. Elsevier. Gran Bretaña.
- [10] Eder, W. E.; Hosnedl, S. (2010). *Introduction to design engineering: systematic creativity and management*. CRC Press. Londres, Reino Unido.
- [11] Dym, C. L.; Little, P.; Orwin, E. J. (2014). *Engineering design: a project-based introduction*. Cuarta edición. John Wiley & Sons. Estados Unidos.
- [12] Mital, A.; Desai, A.; Subramanian, A.; Mital, A. (2014). *Product development: a structured approach to consumer product development, design, and manufacture*. Segunda edición. Elsevier. Países Bajos, Reino Unido, Estados Unidos.
- [13] Tema 2: diseño del producto. (s.f). Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C. Recuperado de: <http://personales.upv.es/jpgarcia/linkedddocuments/2disennodeproducto.pdf>.
- [14] Cuatrecasas, L. (2010). *Gestión integral de la calidad: implantación, control y certificación*. España. Profit. Barcelona, España.
- [15] Valverde Islas, J. (2006). *Utilización de métodos sistemáticos para el diseño de productos: Caso de un portabebidas para automóviles* (Tesis de Pregrado). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca de Soto, México.
- [16] Tanure, R.L.Z.; Tudesco, A.P.K.; Silva, V.V.M.; Echeveste, M.E.S. (2013). Modelo conceitual para a integração de QFD e Kansei: aplicação em um caso da indústria de produtos de higiene e beleza. *9º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto*.
- [17] Hirata Okamoto, R. (2011). *Kansei, quality, and quality function deployment*. En: Nagamachi, M. (ed), *Kansei/affective engineering*. CRC Press. Boca Raton, Estados Unidos.
- [18] Aguayo González, F.; Soltero Sánchez, V.M. (2003). *Metodología del diseño industrial: un enfoque desde la ingeniería concurrente*. Alfaomega. México.
- [19] Kotler, P.; Keller, K. L. (2016). *A framework for marketing management*. Pearson. Harlow, Inglaterra.
- [20] Gay, A.; Bulla, R. (2003). *Lectura del objeto: propuesta metodológica para el análisis de objetos*. Quinta edición. Ediciones tec. Argentina.
- [21] Bertonecello, I., y Negreiros Gomes, L. V. (2002). Análise diacrônica e sincrônica da cadeira de rodas mecanomaneada. *Revista Produção*, 12 (1), 72-82.
- [22] Alcaide Marzal, J.; Diego Más, J. A.; Artacho Ramírez, Miguel A. (2004). *Diseño de producto: métodos y técnicas*. Alfaomega. México.

- [23] Osete, J.M. (2010). *Carretilla ergonómica*. Universidad Pública de Navarra. Navarra, España.
- [24] Pérez Olivas, P. A., Aguilera Gómez, E., Jimenez López, E., Saldaña Robles, A., Ruiz López, I., Pacheco Santamaría, G.; Plascencia Mora, H. Análisis del valor para una licuadora de uso doméstico. *XIX Congreso internacional anual de la SOMIM*, 46-55.
- [25] Villamil García, E.; García Hernández, M.J. (2003). *Introducción al proyecto de ingeniería*. Recuperado de http://materias.fi.uba.ar/6612/archives/Libro_materia.pdf.
- [26] Ramírez, R. (Coord.); Ariza, R.; Casabona, M.; Flores, F.; Herrero, P.; Oneto, F.; Paterson, F.; Siro, J.; Vigna, A. (2012). *Guía de buenas prácticas de diseño: herramientas para la gestión del diseño y desarrollo de productos*. Inst. Nacional de Tecnología Industrial – INTI. Argentina.
- [27] Franceschini, F.; Galetto, M.; Maisano, D.; Mastrogiacomo, L. (2015). Prioritisation of engineering characteristics in QFD in the case of customer requirements ordering *International Journal of Production Research*. 53, 13, 3975-3988.
- [28] Cantamessa, M.; Montagna, F. (2016). *Management of innovation and product development: integrating business and technological perspectives*. Springer. Londres, Inglaterra.
- [29] Basso, J. L. (1991). *Engenharia e análise do valor – EAV: mais as abordagens da administração, contabilidade e gerenciamento de valor: um guia prático para aplicação*. IMAM. São Paulo, Brasil.
- [30] De Sousa Gallo, M. (2012). *Aplicação da metodologia de análise do valor ao projeto conceitual de uma maca de banho hospitalar* (Tesis de Pregrado). Universidade de São Paulo, Brasil.
- [31] Echeveste, M., Ribeiro, J. L., y Danilevich, A. M. (2001). *Desarrollo de Productos. Cuaderno didáctico de disciplina: Desarrollo de Productos*. Especialización y Maestría en Ingeniería de Planta y Producción. UNaM. Oberá, Argentina.

Área: LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA INDUSTRIAL.

APLICACIÓN DE LOS MODELOS DE SIMULACIÓN DE OPERACIONES EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL . Marquina, Fernando Francisco; Mohamad, Jorge Alejandro; Colombo, Federico Andrés.

EXPERIENCIA DEL USO DE WIKIS PARA PROMOVER LA PARTICIPACIÓN DE LOS ALUMNOS EN EL TRABAJO EN EQUIPO. D'Onofrio, María Victoria; Mackenzie, Mauricio Javier

ESTUDIO DE LA PERCEPCIÓN Y EL IMPACTO DE LA LENTIFICACIÓN EN LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DEL CICLO SUPERIOR. Onaine, Adolfo Eduardo; Artigas, María Velia S.; Santille, Luciana S.

EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA FIUBA A LA LUZ DE LAS TENDENCIAS CURRICULARES MUNDIALES. Soto, Marcela Fabiana.

INGENIERÍA, REVISIÓN CRÍTICA AL DESARROLLO DE LA DISCIPLINA Y ASOMO DE UN NUEVO HORIZONTE EN LA PRÁCTICA Y ENSEÑANZA. Vilariño, Ramiro.

PRIMERAS EXPERIENCIAS EN LA MODALIDAD SEMIPRESENCIAL PARA ELECTROTECNIA GENERAL. Ferreira, Fabiana; Donzelli, Luis

SIMULACIÓN DE UN PROCESO DE ENFRIAMIENTO DE LECHE CON UN INTERCAMBIADOR DE PLACAS, CON EL SOFTWARE UNISIM DESIGN R443 Y UNISIM PHE R440. Montesano, Juan, Dipietro, Ángel.

DAR Y RECIBIR: DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN 1ero Y 5to AÑO. Moya, María Angélica; Mattio, Roberto; Pontarolo, Milagros; Dithurbide, María Camila.

ACCIONES DE RESPONSABILIDAD SOCIAL VINCULADAS A PRÁCTICAS PROFESIONALES EN LA UTN REGIONAL SAN NICOLÁS. Gallegos, María L., Cinalli, Marcelo; Kern, Silvia; Sager, Carolina; Gómez, Carlos

APORTES DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL HACIA UNA UNIVERSIDAD EMPRENDEDORA. Cabut, Mercedes; Morcela, Oscar Antonio; Petrillo, Jorge Domingo.

ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS PARA PROMOVER EL COMPROMISO DE LOS ALUMNOS EN EL ESTUDIO DE ANÁLISIS NUMÉRICO. UNA EXPERIENCIA EN UN CURSO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL. Rodríguez, Georgina; Laugero, Lorena; Cabo, Natalia.

MODELOS DE DESERCIÓN TEMPRANA. Volpe, Juan Ignacio.

EJERCICIO DE APLICACIÓN DE PROGRAMACIÓN LINEAL EN CASO REAL DE FABRICACIÓN DE CLINKER CON RESTRICCIONES MEDIOAMBIENTALES. Carbia, María Esther; Dimópulos, Lilana M.; Noya, Graciela S.

PERSPECTIVA TRANSDISCIPLINARIA DEL INGENIERO INDUSTRIAL PARA CONCEPTUALIZAR Y RESOLVER PROBLEMAS EN CONTEXTOS SISTÉMICOS COMPLEJOS. Acevedo, Adolfo Oswaldo; Linares, Martha Carolina; Cachay, Orestes.

INNOVANDO EN EDUCACIÓN EN LAS ASIGNATURAS DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA. Reynals, Julio Cesar; Guzmán, María Fernanda; Marcangeli, Mariana Claudia Josefina.

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO LÚDICO DE APRENDIZAJE. Marta L.Cerrano, Luis Feraboli, María L. Gallegos.

EVALUACIÓN Y RENDIMIENTO ACADÉMICO. Pastorelli, Sonia Pompeya; Ambrosini, Marcela Susana; Gimenez Uribe, Alfonso Cesar; Casco, Eva Silvana.

UNA EXPERIENCIA LÚDICA Y SUS RESULTADOS. Hetze, Vanesa; Valentini, José; Cabo, Natalia; Cinalli, Marcelo; Bárbaro ,Laura.

DESAFÍO DE INNOVACIÓN - SEMANA DE LA INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DEL NORTE SANTO TOMÁS DE AQUINO. Rodriguez Rey, Julio; Soraire, Leandro; Lamarque, Marcelo; Camargo, Mauricio; Vargas, Esteban.

ACTIVIDADES DE TRANSFERENCIA Y EXTENSIÓN CON LA PARTICIPACIÓN DE ESTUDIANTES AVANZADOS. Onaine, Adolfo E.; Ambrústolo, Mariela; Migueles, Marina.

APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS ACTIVAS EN LA ENSEÑANZA DE LA ECONOMÍA PARA ESTUDIANTES DE INGENIERÍA. Juarez, Marcelo; Jäger, Mariano; Rouco, Carlos.

Aplicación de los modelos de Simulación de Operaciones en la carrera de ingeniería industrial

Marquina, Fernando Francisco*; Mohamad, Jorge Alejandro; Colombo, Federico Andrés

*Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina
Alicia Moreau de Justo 1500. (1107) Ciudad de Buenos Aires. fernandomarquina@uca.edu.ar;
jorge_mohamad@uca.edu.ar; federicoacolombo@gmail.com*

RESUMEN

El presente trabajo busca difundir y compartir una experiencia de la aplicación de las técnicas y modelos de simulación en la asignatura "Análisis de Decisiones y Simulación". La materia está encuadrada dentro del grupo de las troncales de la carrera –Tecnologías Aplicadas-, y se dicta en el segundo cuatrimestre del cuarto año de la carrera de ingeniería industrial de la Universidad Católica Argentina.

Durante el curso se brinda capacitación a los estudiantes en la aplicación y el uso de las técnicas y herramientas necesarias para desarrollar modelos de simulación de operaciones en procesos industriales, con aplicaciones orientadas a determinar la capacidad operativa, tanto con intervalos de tiempo constante –demanda- como a intervalos de tiempo variable –líneas de espera-, y su resolución mediante la herramienta informática ExtendSim.

A lo largo de este artículo se presentarán los objetivos de la materia, la forma en que se desarrolla, y los resultados obtenidos en los últimos años de la experiencia.

Palabras Claves: enseñanza; simulación; gestión de operaciones.

ABSTRACT

The current paper aims sharing an experience about teaching simulation models and techniques into the subject "Decision analysis and simulation".

It is lectured within the group of subjects that are the backbone of the Industrial Engineering career at Universidad Católica Argentina. It is taught in the second semester of the 4th year.

Throughout the course, students are trained in the application and use of the techniques and necessary tools to develop simulation models applied to operations management of different industrial processes, mainly to calculate operational capacity, such as demand forecast and queuing theory, together with its solution using ExtendSim software application.

This article will depict the different goals to be achieved in the subject, the way the subject is developed and the results that have been achieved lately.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo busca difundir y compartir una experiencia de la aplicación de las técnicas y modelos de simulación en la asignatura “Análisis de Decisiones y Simulación”. Durante el curso se brinda capacitación a los estudiantes en la aplicación y el uso de las técnicas y herramientas necesarias para desarrollar modelos de simulación de operaciones en procesos industriales, con aplicaciones orientadas a determinar la capacidad operativa, tanto con intervalos de tiempo constante –demanda- como a intervalos de tiempo variable –líneas de espera-, y su resolución mediante la herramienta informática ExtendSim.

En el análisis de decisión se plantean y estudian varios escenarios posibles al mismo tiempo, pero es en la simulación cuando se hace una representación de la realidad más verosímil, con resultados probabilísticamente más cercanos a la misma, para después estar en condiciones de tomar la decisión en función de estos.

A lo largo del presente trabajo se hace foco en la aplicación de la simulación en los procesos de operaciones.

Se define simulación como: el proceso de reproducir el comportamiento de un sistema, utilizando un modelo que describa las operaciones del mismo.

La simulación consiste en diseñar un modelo para realizar experimentos sobre un sistema real:

- Determina reacciones a diferentes reglas operativas o cambios de estructura.
- Puede ser usada conjuntamente con técnicas estadísticas y gerenciales tradicionales.
- Se usa normalmente un sistema informático.

En este sentido la simulación es una alternativa indispensable para resolver muchos de los problemas que se presentan en la realidad. Por ejemplo, se puede construir un modelo para simular lo siguiente:

- El proceso de producción en una fábrica, para identificar los cuellos de botellas en la línea de producción.
- La operación diaria de un lavadero de autos o un banco, para comprender el impacto de añadir más recursos, líneas de lavado y operadores o cajeros.

En el ámbito de operaciones de producción de bienes y/o servicios, la simulación permite representar y analizar distintas alternativas de un sistema, y finalmente decidir cuál es la mejor de esas alternativas.

Con esta visión, la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Pontificia Universidad Católica Argentina incorporó al Plan de Estudio de su carrera de grado Ingeniería Industrial la materia “Análisis de Decisiones y Simulación”. Esta materia está encuadrada dentro del grupo de las troncales de la carrera –Tecnologías Aplicadas-, y se dicta en el segundo cuatrimestre del cuarto año de la carrera.

2. MARCO TEÓRICO: SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS

Los docentes que coordinan y dictan este curso han fijado los siguientes objetivos:

- Presentar de manera sistemática las técnicas y herramientas que permiten aproximaciones racionales para la toma de decisiones en el ámbito empresarial industrial y comercial, en un entorno de aleatoriedad, ya sea en condiciones de incertidumbre (con probabilidades desconocidas), como en condiciones de riesgo (con probabilidades conocidas).
- Capacitar en la aplicación y el uso de las técnicas y herramientas necesarias para desarrollar modelos de simulación de procesos industriales, y su resolución mediante aplicaciones informáticas.

Como así también, se han propuesto las siguientes competencias a ser desarrolladas por los alumnos:

- Competencia para identificar, formular y resolver problemas de gestión de operaciones mediante las técnicas de simulación.
- Competencia para diseñar, proyectar y planificar lo referente a la capacidad, niveles de producción, gestión de inventarios y satisfacción de la demanda en la gestión de las operaciones a lo largo de una cadena de suministros.
- Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.

A efectos de asegurar el logro de los objetivos fijados, el curso se organizó en torno a seis unidades temáticas:

- Introducción al proceso de decisión.
- Análisis de decisiones bajo condiciones de incertidumbre.
- Análisis de decisiones bajo condiciones de riesgo.
- Implementación de modelos de simulación.
- Aplicación de los Modelos de Simulación.
- Desarrollo y resolución de modelos de simulación mediante la herramienta informática ExtendSim.

Estas seis unidades se agrupan, para su dictado efectivo, en dos módulos: Módulo de análisis de decisiones, y Módulo de Simulación.

La importancia de la simulación radica en que:

- Permite simular el comportamiento de un sistema en diferentes circunstancias de sus variables, analizando los cambios y sus consecuencias.
- Permite probar hipótesis a una fracción del costo que realmente demandaría llevar a cabo las actividades que el modelo simula.
- Posibilita comenzar con una aproximación simple de un proceso y refinarlo gradualmente a medida que la comprensión del proceso mejora (mejora “paso a paso”). En este sentido, a medida que se van agregando mejoras, el modelo imitará más de cerca el proceso de la vida real.

Situaciones para usar la Simulación:

- Cuando los modelos se hacen demasiado complejos.
- Cuando la relación entre las variables no es lineal, o cuando es necesario manejar demasiadas variables y restricciones con enfoques de optimización.
- Para realizar experimentos sin perturbar el funcionamiento de los sistemas reales.
- Compresión de tiempo: obtener estimaciones en mucho menor tiempo del requerido para recopilar los mismos datos de una operación.
- Perfeccionar las habilidades en la toma de decisiones gerenciales por medio de juegos.

Por otro lado, se presenta algunas Aplicaciones de la Simulación:

- Planeamiento Económico: Preguntas del tipo: “¿Qué pasaría si...?”
- Administración de Inventarios: Niveles de Stock de Seguridad
- Sistemas de Líneas de Espera (Colas)
- Operaciones de Producción: Secuenciamiento de Tareas, Estimaciones de Capacidad de Producción.
- Gestión de Proyectos: Actividades con tiempos aleatorios.

Las etapas de la simulación se encuentran representadas por la Figura1:

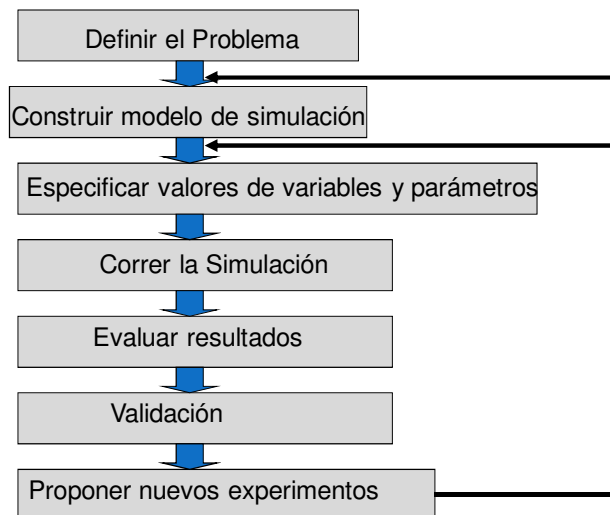


Figura 1 Etapas de la simulación

Los modelos de simulación consisten en la representación de un sistema real mediante un conjunto de relaciones lógicas y cuantitativas entre sus componentes, permitiendo estudiar cómo se comporta el modelo del sistema cuando cambia alguno de sus componentes.

3. SOFTWARE DE APLICACIÓN

Durante la parte práctica de la materia, se utiliza el software ExtendSim, el cual es una poderosa herramienta de simulación, de última generación. Usando ExtendSim pueden desarrollar modelos dinámicos de procesos de la vida real en una amplia variedad de campos. Con ExtendSim se pueden crear modelos a partir de la combinación de bloques, examinar los procesos involucrados y ver cómo se relacionan entre sí. Posteriormente se podrá cambiar los supuestos y encontrar una solución óptima.

La simulación con ExtendSim permite:

- Predecir el resultado de ciertas acciones
- Profundizar en el entendimiento y estimular el pensamiento creativo
- Visualizar sus procesos lógicamente o en un ambiente virtual

- Identificar áreas problemáticas antes de la implementación
- Explorar los efectos de modificaciones a la situación inicial
- Confirmar que todas las variables que afectan el problema son tenidas en cuenta
- Optimizar las operaciones
- Evaluar ideas e identificar ineficiencias
- Entender por qué ocurren determinados eventos
- Comunicar la integridad y viabilidad de los planes

Facilidades del ExtendSim:

- Un sistema completo de bloques que permitirá construir modelos rápidamente
- Una interfaz gráfica personalizable que representa las relaciones en el sistema modelado
- Descomposición jerárquica ilimitada que hace modelos más fáciles de construir y entender
- Diálogos, notebooks y una base de datos integrada que permite cambiar valores en el modelo y probar rápidamente mediante interfaces dinámicas
- Animación en 2D y 3D para una mejor presentación de los modelos
- La posibilidad de ajustar escenarios mientras la simulación está corriendo
- Editor de ecuaciones para crear ecuaciones compiladas
- Posibilidad de modelizar a escala
- Optimización evolutiva, Montecarlo, modo batch, y análisis de sensibilidad para optimizar los modelos
- Reportes personalizados para presentaciones y análisis
- Capacidad de aplicar costeo basado en actividades (ABC costing)
- Interactividad completa con otros programas y plataformas

Algunas características de la arquitectura de la simulación:

- Simulación multi-propósito. ExtendSim es un entorno multi-dominio que permite modelizar dinámicamente entornos continuos, discretos, sistemas lineales, no lineales y mixtos.
- Basado en bibliotecas. Los bloques que se construyen ad-hoc pueden ser guardados en bibliotecas y fácilmente re-utilizados en otros modelos.
- Lenguaje de programación íntegramente compilado y editor de diálogos optimizados para la simulación. Permite modificar los bloques de ExtendSim o construir sus propios bloques para usos especializados.
- Dispone de numerosas funciones de integración, estadística, gestión de colas, animación, matemáticas, vectores, matrices, gestión de datos y cadenas de datos.
- Capacidad de traspaso de datos, valores, vectores, o estructuras matriciales compuestas.
- Apoyo total para una amplia gama de tipos y estructuras de datos. Series, listas vinculadas, números enteros y reales y secuencia de datos se construyen dentro.
- Integración de datos vinculados. Conecta los datos del cuadro de diálogo del bloque con las bases de datos internas.

El formalismo que se utiliza para especificar un sistema es llamado metodología de modelización.

Las tres principales metodologías de modelización son:

- Modelos continuos: El ExtendSim utiliza la Biblioteca de bloques denominada "Value".
- Modelos de eventos discretos: El ExtendSim utiliza la Biblioteca de bloques denominada "Item".
- Modelos de tasa discreta: El ExtendSim utiliza la Biblioteca de bloques denominada "Rate".

Modelos continuos: En modelos continuos, los cambios en los valores tienen una relación directa con el paso del tiempo t , y el tiempo "pasa" en incrementos iguales Δt . Luego de cada avance Δt se mide el estado del sistema. En otras palabras, los valores reflejan en cada momento el estado del sistema modelizado, y el tiempo simulado avanza uniformemente de una unidad de tiempo Δt constante a la siguiente. Ejemplo: proceso de producción de un determinado líquido (refinación de combustible, producción de bebidas, etc.), en el cual hay una entrada continua de materia prima y también una salida continua de producto terminado. Otro ejemplo: Contaminación de un reservorio acuático.

Modelo de eventos discretos: En el caso de modelos de eventos discretos, el estado del sistema cambia cuando ocurre un evento, y sólo cuando estos eventos ocurren. El mero paso del tiempo no tiene efecto directo en el modelo. En estos sistemas discretos a intervalos variables ó "evento a evento" ó "eventos discretos", el parámetro " t " se modifica (avanza) cada vez que se produce un evento, independientemente del tiempo transcurrido entre eventos. Es decir, el estado del sistema se mide solamente cuando se produce un evento. Ejemplos: sistema de colas (el sistema se modifica cada vez que entra un cliente y cada vez que sale un cliente), proceso productivo de manufactura (se modifica cuando un producto en proceso va pasando de una operación a otra, cada vez que sale de producción y entra al inventario de producto terminado), o cuando las entidades individuales (partes) son ensambladas conforme a ciertos eventos (la llegada de órdenes de los clientes).

Utilizando la analogía de la tubería para la simulación de eventos discretos, la tubería puede estar vacía o mostrar una cantidad de baldes de agua atravesándola. De manera contraria a un flujo continuo, los baldes de agua saldrán de la tubería a intervalos aleatorios.

Modelos de tasa discreta: Son un híbrido, que combina aspectos de modelos continuos y de eventos discretos. Tal como los modelos continuos, simulan el flujo de materia en vez de ítems; pero tal como los modelos de eventos discretos, recalculan valores y porcentajes cada vez que ocurre un evento. Utilizando nuevamente la analogía de la cañería para una simulación de tiempo discreto, hay un constante flujo de fluido pasando a través de la cañería. Pero la cantidad de flujo y/o su recorrido pueden cambiar cuando un evento ocurre.

La Tabla 1 resume la clasificación de las metodologías de modelización del ExtendSim.

Tabla 1 *Clasificación de las metodologías de modelización del ExtendSim*

Tipo de modelización	¿Qué modeliza?	Ejemplos
Continuo	Procesos continuos	Procesos: químicos, biológicos, económicos
Eventos discretos	Ítems individuales	Sistemas de colas de artículos o personas, o proceso productivo, se modifica cuando un proceso va pasando a otra operación. Información: datos, mensajes.
Tasa discreta	Flujo de materiales	Flujos de materiales basados en tiempo: productos homogéneos, producción de alta velocidad, entrada y flujo de datos, minería

En la Tabla 2 se presentan algunas características que permiten la comparación entre las tres metodologías de modelización del ExtendSim.

Tabla 2 *Comparación de modelos*

Factor	Continuo	Eventos discretos	Tasa discreta
¿Qué causa un cambio en el estado del modelo?	El paso del tiempo	Un evento	Un evento
Intervalos de tiempo - Δt	Los intervalos de tiempo son constantes. El modelo recalcula secuencialmente en función del paso del tiempo. $\Delta t = \text{constante}$	Los intervalos entre eventos son dependientes de la ocurrencia del evento. El modelo recalcula cuando ocurre un evento.	Los intervalos entre eventos son dependientes de la ocurrencia del evento. El modelo recalcula cuando ocurre un evento
Características de lo modelizado	Rastrea las características en la base de datos o asume que el flujo es homogéneo.	Utilizando atributos, se asignan a los ítems características únicas, permitiendo que puedan rastrearse a lo largo del modelo.	Rastrea las características en la base de datos o asume que el flujo es homogéneo.
Orden	FIFO	Los ítems pueden moverse por orden FIFO, LIFO, Prioridad o personalizado.	FIFO

4. ESTUDIO DE CASO Y RESULTADOS OBTENIDOS

Se presentará el siguiente caso de aplicación para modelar un proceso de gestión de las operaciones:

El gerente de operaciones de una planta envasadora de aguas saborizadas estudia la posibilidad de envasar botellas en una instalación automatizada. Para eso tendría que instalar una combinación de dos robots. Trabajando en serie, los dos robots (llamados Mel –para la operación de llenado de las botellas- y Danny –para la operación de cerrado de las botellas-) son capaces de realizar todas las operaciones requeridas. El lote inicial es de 200 botellas por día, y se despacha al inicio de la jornada. Frente a Mel se formará una fila de espera de todas las unidades. Cuando Mel termine su parte del trabajo –llenado-, la botella se transferirá directamente a Danny –cerrado-.

Todas las unidades del lote necesitan ambas actividades (llenado y cerrado). Los tiempos de procesamiento son variables aleatorias y se comportan de acuerdo con las siguientes distribuciones de probabilidad:

- Mel (llenado): distribución normal: Media: 2 min, desviación estándar: 0,5 min.
- Danny (cerrado): distribución normal: Media: 3 min, desviación estándar: 1 min.

1. Realizar la modelización.

2. Estimar cuántas unidades se producirán en una jornada laboral (8hs).

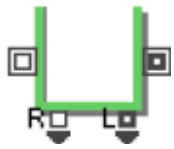
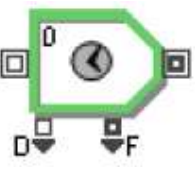
3. ¿Cuántas unidades quedaron sin procesar? ¿Y con stock intermedio?

Desarrollo:

Modelizado de la línea de envasado

La tabla 3 muestra un listado de los bloques que se agregarán a la hoja de trabajo, y cómo se utilizarán en el modelo. Con excepción del bloque Plotter de la biblioteca Plotter, los siguientes bloques son de la biblioteca Item.

Tabla 3 Descripción de los bloques utilizados y carga de parámetros

Nombre (Etiqueta)	Función del bloque	Ingresando los parámetros de diálogo y configuraciones
Create (entrada) Botellas vacías 	Genera ítems o valores, al azar o programados. Si se utiliza para generar ítems, los empuja dentro de la simulación y deberá ser seguido por un bloque Queue (cola de espera)	En el diálogo del bloque "Create", la configuración que se selecciona es por programa, y se ingresa un lote inicial de 200 botellas vacías.
Queue (Cola) o stock intermedio 	Funciona como una cola ordenada o como un pool de recursos de cola. Como cola ordenada, los ítems esperan en orden FIFO o LIFO o basados en sus atributos o prioridades.	Por defecto el bloque Queue, tiene especificada una cola ordenada (sorted queue), con ítems guardados y liberados en el orden FIFO. Como esto es lo que el modelo especifica no se hace ningún cambio en la cola. Cola 1: Contiene las botellas inicialmente vacías. Cuando el robot de llenado Mel se libera, deja salir las botellas una por una en el orden FIFO. Cola 2: stock intermedio de botellas llenas, esperando para ser cerradas por el robot Danny.
Activity (Actividad) Robot Mel / Robot Danny 	Procesa uno o más ítems simultáneamente. El tiempo de procesamiento es constante, o basado en la distribución de probabilidad, o atributo de un ítem.	En este caso en el robot Mel, el tiempo de llenado tiene una distribución normal, con una media de 2 minutos con un desvío estándar de 0.5 minutos. Y en el robot Danny, el tiempo de cerrado tiene una distribución normal, con una media de 3 minutos y un desvío estándar de 1 minuto.
Exit (salida) 	Libera ítems de la simulación y los cuenta a medida que salen.	Libera las botellas llenas y cerradas del modelo.

Plotter (Tablero de resultados) 		Reporta el tamaño de los stocks (colas) de botellas vacías y botellas llenas sin cerrar (intermedio), y cuántas botellas llenas y tapadas han salido.
--	--	---

El modelo completo puede observarse en la Figura 2.

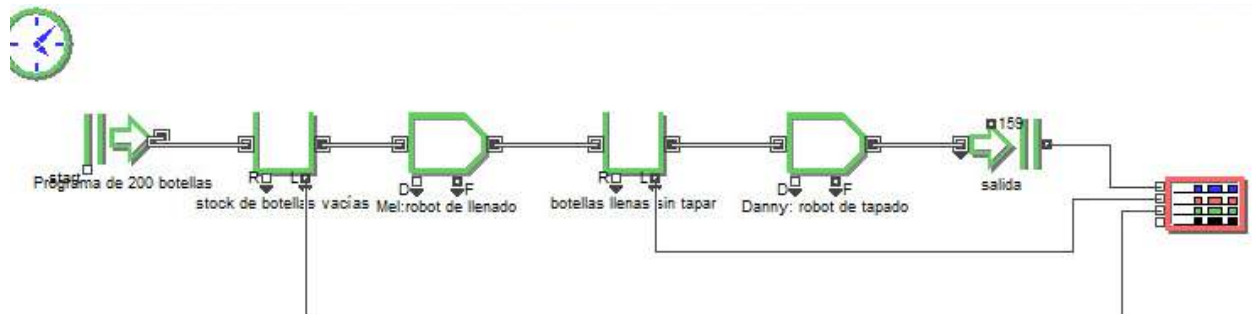


Figura 2 Modelizado de la línea de envasado con dos robots

Al final de la corrida de simulación, el Plotter muestra unas 152 botellas llenadas y tapadas, unas 47 botellas esperando a ser tapadas, y 1 botella en proceso de cerrado en el robot Danny. Estos números tienen sentido considerando que 1 botella es llenada cada 2 minutos aproximadamente y es tapada cada 3 minutos, y la simulación se corre por 480 minutos.

Los resultados gráficos se observan en la figura 3.

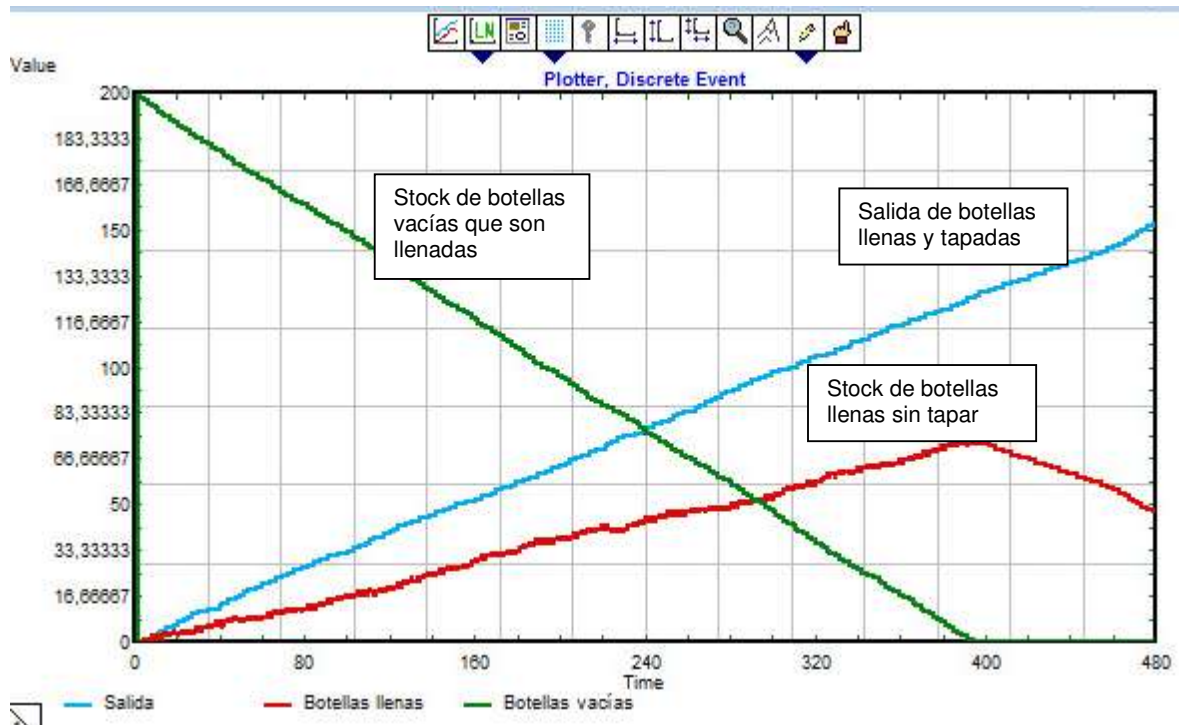
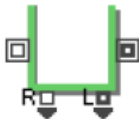
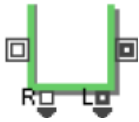
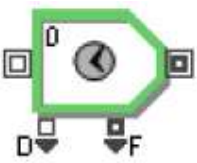
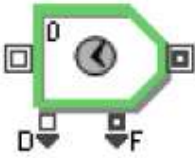
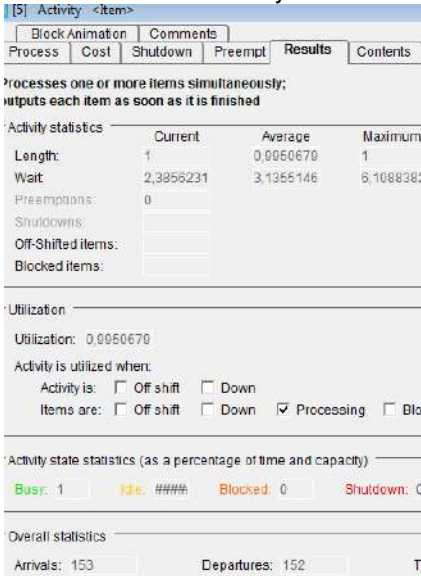
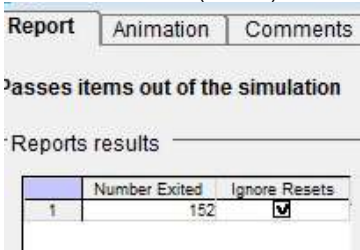


Figura 3 Representación gráfica de los resultados de la simulación de la línea de envasado

La tabla 4 recopila la información de cada bloque al finalizar la corrida de simulación, y por lo tanto ayuda a interpretar los resultados.

Tabla 4 Interpretación de los resultados

Nombre (Etiqueta)	Resultados obtenidos de los cuadros de diálogos de los bloques	Interpretación de los resultados de una corrida de simulación dada																																
Queue (Cola) o stock de botellas vacías 	 Stock de botellas vacías Queue statistics <table><thead><tr><th></th><th>Current</th><th>Average</th><th>Maximum</th></tr></thead><tbody><tr><td>Length:</td><td>0</td><td>81,477975</td><td>200</td></tr><tr><td>Wait:</td><td>394,83663</td><td>195,54714</td><td>394,83663</td></tr><tr><td>Arrivals:</td><td>200</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Departures:</td><td>200</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Reneges:</td><td>0</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Utilization:</td><td>0,8225763</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Total Cost:</td><td>0</td><td></td><td></td></tr></tbody></table>		Current	Average	Maximum	Length:	0	81,477975	200	Wait:	394,83663	195,54714	394,83663	Arrivals:	200			Departures:	200			Reneges:	0			Utilization:	0,8225763			Total Cost:	0			El stock de botellas vacías parte de un máximo de 200 unidades, y se agota en la simulación 1, en 394,83 minutos. Siendo el stock promedio de 81,48 botellas vacías y el tiempo de espera promedio de 195,55 minutos.
	Current	Average	Maximum																															
Length:	0	81,477975	200																															
Wait:	394,83663	195,54714	394,83663																															
Arrivals:	200																																	
Departures:	200																																	
Reneges:	0																																	
Utilization:	0,8225763																																	
Total Cost:	0																																	
Queue (Cola) o stock de botellas llenas 	 Stock de botellas llenas sin tapar Queue statistics <table><thead><tr><th></th><th>Current</th><th>Average</th><th>Maximum</th></tr></thead><tbody><tr><td>Length:</td><td>47</td><td>39,982807</td><td>73</td></tr><tr><td>Wait:</td><td>177,09417</td><td>85,206178</td><td>177,09417</td></tr><tr><td>Arrivals:</td><td>200</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Departures:</td><td>153</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Reneges:</td><td>0</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Utilization:</td><td>0,9867348</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Total Cost:</td><td>0</td><td></td><td></td></tr></tbody></table>		Current	Average	Maximum	Length:	47	39,982807	73	Wait:	177,09417	85,206178	177,09417	Arrivals:	200			Departures:	153			Reneges:	0			Utilization:	0,9867348			Total Cost:	0			El stock de botellas llenas sin tapar, evoluciona incrementándose desde cero botellas hasta un máximo de 73, luego decrece hasta un nivel de 47 botellas en el tiempo 480 minutos. El stock promedio es de 40 botellas.
	Current	Average	Maximum																															
Length:	47	39,982807	73																															
Wait:	177,09417	85,206178	177,09417																															
Arrivals:	200																																	
Departures:	153																																	
Reneges:	0																																	
Utilization:	0,9867348																																	
Total Cost:	0																																	
Activity (Actividad) Robot Mel: llenado de botellas 	Robot Mel <table><thead><tr><th>Block Animation</th><th>Comments</th></tr></thead><tbody><tr><td>Process</td><td>Cost Shutdown Preempt Results Contents</td></tr></tbody></table> Processes one or more items simultaneously; outputs each item as soon as it is finished Activity statistics <table><thead><tr><th></th><th>Current</th><th>Average</th><th>Maximum</th></tr></thead><tbody><tr><td>Length:</td><td>0</td><td>0,8264679</td><td>1</td></tr><tr><td>Wait:</td><td>1,0679727</td><td>1,983523</td><td>3,1205727</td></tr><tr><td>Preemptions:</td><td>0</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Shutdowns:</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Off-Shifted items:</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Blocked items:</td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table> Utilization Utilization: 0,8254679 Activity is utilized when: Activity is: ☐ Off shift ☐ Down Items are: ☐ Off shift ☐ Down ☒ Processing ☐ Blocked Activity state statistics (as a percentage of time and capacity) Busy: 0,83 Idle: 0,17 Blocked: 0 Shutdown: 0 Overall statistics Arrivals: 200 Departures: 200 Tot	Block Animation	Comments	Process	Cost Shutdown Preempt Results Contents		Current	Average	Maximum	Length:	0	0,8264679	1	Wait:	1,0679727	1,983523	3,1205727	Preemptions:	0			Shutdowns:				Off-Shifted items:				Blocked items:				En este caso el robot Mel llenó las 200 botellas; el tiempo de llenado tuvo un promedio de 1.98 minutos, y un tiempo máximo de proceso de 3,12 minutos. La capacidad fue utilizada en un 83% durante los 480 minutos que duró la simulación.
Block Animation	Comments																																	
Process	Cost Shutdown Preempt Results Contents																																	
	Current	Average	Maximum																															
Length:	0	0,8264679	1																															
Wait:	1,0679727	1,983523	3,1205727																															
Preemptions:	0																																	
Shutdowns:																																		
Off-Shifted items:																																		
Blocked items:																																		

Activity (Actividad) Robot Danny: tapado de botellas ya llenas. 	Robot Danny 	En el caso del robot Danny, despachó 152 botellas, 1 quedó en proceso. El tiempo de llenado tuvo un promedio de 3,13 minutos, y un máximo de 6,1 minutos. La capacidad fue utilizada en un 99,5% durante los 480 minutos que duró la simulación.
Exit (salida) 	Exit (salida) 	En el transcurso de la simulación, se liberaron 152 botellas llenas y tapadas del modelo.

Con el análisis de este caso, queda claro que la operación de cerrado (robot Danny) es el cuello de botella, y su capacidad no alcanza a cubrir la demanda diaria en horario regular, por lo que deberá hacerlo trabajando en tiempo extra.

Se ha aplicado la técnica de simulación a un caso sencillo, pero sumamente ilustrativo, en el que aparecen conceptos de demanda, capacidad e inventario, y el que orienta a la toma de decisiones, en este caso sobre la necesidad de incrementar la capacidad de la operación identificada como cuello de botella.

5. CONCLUSIONES

En la Gestión de las Operaciones de Producción y Logística, específicas de la actividad profesional de los Ingenieros Industriales, se analizan 3 variables características: Demanda, Producción e Inventarios. La demanda depende del mercado y es el dato fundamental para dimensionar el proceso productivo, la producción resulta de la demanda y su dimensionamiento agrega una cuarta variable que es la Capacidad, y los niveles de inventario son consecuencia de las relaciones entre la demanda y la producción.

Entendiendo esta relación, se comprende que la variable Capacidad es un factor clave en la gestión de Operaciones, y por lo tanto a lo largo del curso del Módulo de Simulación se focaliza en determinar cuáles deberían ser los niveles de capacidad estructural –instalaciones fijas- o coyuntural –horas extras o subcontratación-.

Para esta determinación de niveles de capacidad se aplica la herramienta de Simulación y los cálculos con el software ExtendSim. Se hace teniendo en cuenta las modalidades de la simulación: a) con avance del tiempo a intervalos constantes –para los cálculos de la Demanda a intervalos constantes: diaria, semanal, mensual-, y b) con avance del tiempo a intervalos variables –llegadas de pedidos de lotes de producción, llegadas de clientes a una cola de servicios-.

Tal como se reflejó en el punto anterior en el cual se describió como ejemplo al problema de la Línea de Envasado, los alumnos tienen la oportunidad de trabajar en equipo planteando un problema típicamente de la gestión de operaciones y tomar decisiones en las que aplican conceptos de la carrera.

La experiencia del dictado de los contenidos teóricos y las actividades de formación práctica en la resolución de problemas abiertos de ingeniería industrial, tales como la gestión de los inventarios y el comportamiento de las colas, vistos durante el curso, es muy satisfactoria en los resultados académicos y en la motivación de los estudiantes.

En base a todo lo expuesto se puede concluir que la incorporación de estas herramientas en la curricula de la carrera Ingeniería Industrial no solo tienen un impacto directo sobre la construcción de las competencias específicas del perfil de los futuros profesionales –tomar decisiones de una manera más certera, y en consecuencia con una oportunidad de mejora de la Productividad real, y por ende de la Rentabilidad de las empresas-; sino que desarrollan una serie de competencias genéricas tales como el trabajo en equipo, la definición y el planteo de nuevos problemas, el razonamiento crítico y la habilidad en la toma de decisiones, que son sumamente requeridas en los ámbitos laborales actuales, tanto en las corporaciones empresarias como en las PyMEs.

6. REFERENCIAS

- [1] Mathur, K.; Solow, D. (2000) *Investigación de Operaciones. El arte de la Toma de Decisiones*. Ed. Prentice Hall.
- [2] Piera, M.; Guasch, T.; Casanovas, J.; Ramos, J. (2006) *Cómo mejorar la Logística de su empresa mediante la Simulación*. Ed. Díaz de Santos.
- [3] Coss Bu, Raúl. (2007) *Simulación. Un enfoque práctico*. Ed. Limusa.
- [4] *ExtendSim: Guía del Usuario*. (2008) Imagine That Inc.
- [5] Krajewski, Lee; Ritzman, Larry; Malhotra, Manoj. (2008) *Administración de Operaciones: Procesos y Cadena de Valor*. Prentice Hall.

Experiencia del uso de wikis para promover la participación de los alumnos en el trabajo en equipo.

D'Onofrio, María Victoria; Mackenzie, Mauricio Javier

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata
Juan B. Justo 4302, Mar del Plata. fi.vicky@gmail.com*

RESUMEN.

Organizar la enseñanza universitaria en función de las competencias permite la posibilidad de experimentar nuevos métodos didácticos que ayuden a lograr los objetivos que la asignatura pretende, es por ello que el cambio metodológico es fundamental. En este artículo se presenta una experiencia pedagógica de utilización de wikis como estrategia de trabajo colaborativo para desempeñarse en equipos de trabajo, no solo como parte del aprendizaje del tema abordado oportunamente en una asignatura sino que también relaciona diferentes competencias cognitivas y genéricas que el estudiante de Ingeniería Industrial debe adquirir y/o desarrollar a lo largo de su carrera. La confección de una wiki por parte de un grupo de alumnos sobre un tema determinado reemplazó la realización de un trabajo conjunto que debían entregar impreso y exponer oralmente. A través de los diferentes años de cursada los docentes de la asignatura observaron que se cumplía una parte del objetivo, presentación del documento y exposición oral, sin embargo advirtieron a través de la observación, indagación y evaluación que se presentaban diferentes configuraciones al momento de realizar la tarea encomendada. Se evidenciaba que el trabajo podía estar realizado por uno solo de los miembros del equipo y lo firmaban todos, con más o menos variantes, o bien, que las contribuciones de unos y otros eran de dispar magnitud. Si bien los docentes podían desentenderse del proceso creativo de elaboración de los trabajos y asignar la misma calificación a todos los miembros del grupo o desistir de solicitar trabajos grupales, se buscó una alternativa para mejorar la performance. La wiki permite que los alumnos dejen rastros de su contribución en el trabajo, y al estar en conocimiento de ello, los puede llevar a participar activamente. Los resultados preliminares de la experiencia han sido consistentes con el objetivo propuesto por el cuerpo docente de la asignatura, aunque también se realizan propuestas de mejora.

Palabras Claves: wiki, trabajo colaborativo, equipos de trabajo

ABSTRACT.

Organizing university education according to the competences allows the possibility of experimenting with new teaching methods to achieve the objectives that the subject intends to reach, so the change in methods is essential. This article presents a pedagogical experience using wikis as a collaborative work strategy to perform in work teams, not only as part of the learning of the topic dealt, but also includes different cognitive and generic competences that the Industrial Engineering student must acquire and develop.

Making a wiki in groups of students on a particular topic replaced the implementation of a joint work that they had to deliver printed and orally.

Through the different years of the course, teachers observed that part of the objective, such as presentation of the document and oral presentation were fulfilled, however they noticed through the observation, investigation and evaluation that the students presented different configurations at the moment of realizing the task entrusted. It could be seen that often the work was carried out by only one member of the team and signed by all, with more or less variants, or that their contributions were of varying magnitude. Although teachers were able to leave the creative process to the students and assign all members of the group the same qualification or to desist from requesting group work, an alternative was searched to improve performance. The wiki allows students to leave traces of their contributions, and being aware of it, can lead them to participate actively. The preliminary results of the experience have been consistent with the objective proposed by the teachers, although proposals for improvement are also made.

1. INTRODUCCIÓN.

La enseñanza universitaria por competencias es una realidad que debe estar presente tanto a la hora de elaborar los contenidos de la asignatura, como en la selección de las herramientas y procesos de evaluación. Las diferentes modalidades de enseñanza reclaman distintos tipos de trabajos para profesores y estudiantes y exigen la utilización de herramientas metodológicas también diferente [1].

Los estudios sobre los enfoques de las herramientas de enseñanza-aprendizaje están concentrándose cada vez más en los procesos, equilibrando la histórica importancia vertida sobre los resultados. La herramienta wiki es una de esas alternativas que ofrece un gran aporte en este sentido. Se trata de un entorno visual en el que varios usuarios pueden crear una página de manera colaborativa y *on line* y sus subsiguientes páginas dependientes a través de hipervínculos. Todos los usuarios registrados pueden añadir y modificar el contenido de las páginas. Estos aportes quedan registrados en un historial, con lo que puede hacerse un detallado seguimiento del proceso creativo del trabajo grupal y de cada participante. Según Montenegro, "el uso de esta herramienta pone de manifiesto que la interacción e interdependencia en la creación colectiva necesita de diferentes elementos de soporte a fin de que la deseada interacción se produzca" [2].

Manuel Area Moreira afirma que las wikis "permiten el desarrollo de la metodología de aprendizaje por proyectos" a la vez que "estimulan la motivación e implicación de los estudiantes en actividades que requieren procesos de búsqueda, análisis y reconstrucción del conocimiento y estimulan la motivación e implicación de los estudiantes en actividades que requieren procesos de búsqueda, análisis y reconstrucción del conocimiento" [3].

Esta herramienta está directamente vinculada a estimular la "Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo" establecida por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería para la carrera Ingeniería Industrial (Grupo CONFEDI, 2006) [4]. Esta competencia genérica depende de la adquisición de dos capacidades esenciales: "Capacidad para participar en equipos de trabajo" y "Capacidad para coordinar o liderar equipos de trabajo".

En el caso de la asignatura Mecanismos de Integración Económica, perteneciente al quinto año de la carrera Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, la wiki fue incorporada como un método de evaluación para el tercer y último módulo de contenidos de la materia. En años anteriores, el método evaluativo utilizado era un trabajo práctico a realizarse en equipos de trabajo que luego debían exponer ante todos sus compañeros. A través de los años, los docentes de la cátedra percibieron que los aportes personales en los grupos eran muy dispares y que incluso había estudiantes que podían dar cuenta del conocimiento de solo de una parte de los contenidos del trabajo. Como la calificación era grupal, muchas veces no se correspondía con el nivel de aporte realizado y con los conocimientos aprehendidos.

Fue por ello que se trató de buscar una herramienta alternativa donde se pueda evaluar el proceso y los resultados, tanto de forma grupal como personal.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, ya que por un lado, al tratarse de una herramienta novedosa y amena, se logró un mayor estímulo hacia la realización del trabajo, como así también fue bien recibido el hecho de realizar la actividad en equipos de trabajo pero de manera remota. Desde la perspectiva evaluativa, se realizó una evaluación más profunda de los procesos y se pudieron identificar los distintos niveles de aporte de cada uno de los estudiantes.

2 MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1 Materiales.

La asignatura en la cual se ha realizado la experiencia de utilización de wikis como estrategia de trabajo colaborativo para desempeñarse en equipos de trabajo es Mecanismos de Integración Económica, obligatoria de la carrera Ingeniería Industrial, perteneciente al quinto año de la currícula. Es una asignatura que se orienta hacia el futuro desempeño del profesional en el sector productivo de bienes y servicios, públicos y privados, con el objetivo de brindar al alumno los conocimientos básicos del comercio exterior, focalizados especialmente hacia los mecanismos que involucra la constitución del MERCOSUR. Se aplican conocimientos específicos de macroeconomía y microeconomía; el aporte de las asignaturas básicas de formación empresarial es fundamental.

La asignatura Mecanismos de Integración Económica procura contribuir al conocimiento y a la reflexión teórica sobre temas relacionados con la economía política internacional. Destaca el significado de las interacciones mutuas entre las actividades económicas y las políticas, el mercado y las relaciones de poder internacional, entre el Estado y el mercado como principios organizativos de la vida social. El futuro profesional debe contar con los conocimientos necesarios para analizar las prácticas y las instituciones que caracterizan a las relaciones económicas internacionales y a los mercados nacionales, regionales y mundiales. Se busca favorecer el desarrollo de un pensamiento crítico en la comprensión del impacto de los factores internacionales

en el proceso de desarrollo económico de los países de América Latina, especialmente de aquellos que constituyen el MERCOSUR.

Es considerada una asignatura complementaria (según la Resolución Ministerial Nro. 1054/02, que establece los estándares de evaluación de la carrera Ingeniería Industrial) y es parte integral de un programa de Ingeniería, que junto con el resto de las asignaturas de su mismo bloque curricular, tienen por objeto formar ingenieros conscientes de las responsabilidades sociales y capaces de relacionar diversos factores en el proceso de la toma de decisiones. Involucra aspectos relacionados con las ciencias sociales, conocimientos indispensables para la formación integral del ingeniero.

El cursado de la asignatura está organizado en una comisión y no existe una división exacta entre la clase teórica y la clase práctica. Para el trabajo en el aula se les entrega material bibliográfico, publicaciones, recortes periodísticos y cuando es necesario el docente expone y analiza los conceptos fundamentales de los nuevos contenidos y los alumnos hacen preguntas aclaratorias sobre las dudas surgidas en la lectura previa. Cuentan también con guías de trabajos prácticos, coordinadas por los docentes. Los alumnos preparan exposiciones, las cuales son asignadas con anterioridad para poder buscar información adicional sobre el tema asignado. Se invita a participar profesionales que desarrollan una clase sobre algún tema específico.

En cuanto a los contenidos de la asignatura, están relacionados con cuestiones sociales, políticas y económicas, y los alumnos no poseen el entrenamiento de realizar análisis de los diferentes temas desde el punto de vista de sus tendencias ideológicas. Como resultado del este ejercicio de pensar determinadas cuestiones desde una estructura de trabajo diferente a la que ellos se encuentran habituados, se ha buscado desde un principio métodos de enseñanza y de evaluación alternativos a los tradicionales.

Durante los últimos años la asignatura ha sido cursada por un promedio de 35 alumnos por año, y la planta docente en la actualidad cuenta con un Profesor y un Auxiliar.

2.2 Métodos.

En la cursada del año 2015 se implementa por primera vez el trabajo práctico que incluye la confección de wikis. Se les solicita a los estudiantes que conformen (por afinidad) equipos de trabajo de no más de 6 integrantes para la realización de un trabajo práctico que se denomina "Evolución y proyecciones de los sectores productivos en el Mercosur". Se corresponde con el Módulo III de la asignatura, conformado por 3 unidades que abarcan el tema Mercosur, dónde se estudia el proceso de integración del bloque hasta la actualidad, desde el punto de vista económico, político y social, incluyendo la normativa que lo rige relacionada con la operatoria del comercio exterior intra y extra zona. Luego de explicarse en clase, la consigna se facilita a través del sitio de la asignatura en el campus virtual del Departamento de Ingeniería Industrial. El objetivo del trabajo práctico es seleccionar un sector productivo relacionado directamente con el proceso del MERCOSUR, analizar la evolución o no de dicho sector y realizar posibles hipótesis con respecto al futuro del mismo dentro del marco de la integración a través del estudio de los resultados obtenidos en el período examinado (2001-2015). Los sectores productivos a escoger son: Alimentos y Bebidas, Energía, Automotriz, Productos Primarios, Productos Sensibles y Derivados del Petróleo.

La metodología indicada para la realización del trabajo práctico es la siguiente:

- Seleccionar un sector productivo de importancia para el comercio exterior argentino vinculado con el MERCOSUR.
- Elaborar una wiki a través del campus virtual en grupos de no más de 6 personas. Todos los integrantes deberán realizar aportes y la organización del trabajo deberá ser discutida dentro del foro grupal.
- El armado deberá consistir de una página principal de la que desprendan otras páginas que también podrán dar origen a nuevas páginas.
- Tutorial para la creación de wikis: <https://www.youtube.com/watch?v=8ArEV-FbWT4>

También se les indican contenidos y procedimientos a tener en cuenta:

- Buscar información sobre el comercio exterior de dicho sector entre 2001 y 2015.
- Seleccionar aquellos índices que considere convenientes para reflejar los resultados acontecidos a partir de la conformación del MERCOSUR (exportaciones, importaciones, balanza comercial, PBI, entre otros).
- Enumerar acontecimientos políticos, económicos, sociales, administrativos, operacionales, etc. que puedan haber influido en el desarrollo del sector.
- Realizar una proyección sobre la marcha futura del sector en el proceso de integración en base a lo elaborado en los ítems anteriores.
- Justificar las posibles tendencias expresadas. Utilizar medios tales como tablas, gráficos, índices, etc.

Los estudiantes tienen 30 días a partir de la fecha de entrega de la consigna en clase para realizar el trabajo práctico.

El Campus Virtual Departamento de Ingeniería Industrial está desarrollado en la plataforma Moodle, que permite un espacio integrado y particular por asignatura. Allí tienen acceso docentes y estudiantes. Cuenta con diferentes espacios y herramientas de trabajo, como por ejemplo el armado y presentación de las wikis.



Figura 1 Portada de una wiki (estándar).

Fuente: Campus de Ingeniería Industrial FI - UNMDP

En la Figura 1 se observa la portada de una de las wikis realizadas. Debajo del título principal “TP N° 2 – Evolución y proyecciones del Mercosur (sector Automotriz)” el entorno presenta una serie de pestañas, de las cuales “Comentarios” e “Historia” son utilizadas para que los docentes evalúen la participación de los estudiantes en la confección de la wiki. “Comentarios” es un foro de discusión entre los integrantes del equipo de trabajo e “Historia” es el registro de las producción que cada uno aporta.

Grupo:	Calificación:			
Integrantes:				
	Destacado	Adquirido	En desarrollo	No adquirido
Análisis grupal				
Calidad de las fuentes de información				
Implementación de conceptos adquiridos en clase				
Aportes externos (gráficos, tablas, artículos, etc.)				
Redacción				
Participación				
Entrega en término				
Presentación				
Observaciones:				

Figura 2 Rúbrica para la evaluación del portafolio.

Fuente: elaboración propia

Se evalúa la wiki a través del uso de la rúbrica que se presenta en la Figura 2, confeccionada por los docentes de la asignatura.

Los indicadores y criterios a los que se hace referencia en la rúbrica son:

- Análisis grupal. Se le solicita al equipo de trabajo un nivel de creación propia donde se hagan patentes sus ideas.
- Calidad de las fuentes de información. Las fuentes de información que utilizan como fundamento de sus actividades, ideas y argumentos son una muestra de la consistencia del alumno como futuro profesional.
- Implementación de conceptos adquiridos en clase.
- Coherencia entre los aportes externos, bibliografía y contenidos dados en clase.
- Redacción clara y comprensiva. Es esencial exigir a los alumnos un nivel de expresión escrita con lenguaje académico, fundamental para el futuro profesional.
- Participación, implicación y compromiso. Este criterio forma parte del compromiso personal que el estudiante adquiere con su grupo de trabajo y se demuestra con participación en el trabajo práctico.
- Entrega a término, en la fecha estipulada en el cronograma de la asignatura.
- Presentación de la wiki, en la que se incluye la localización clara y detallada de los contenidos, formato, organización y la creatividad en su conjunto.

Los criterios de las rúbricas fueron valorados según los descriptores de los niveles de desempeño que se presentan en la Tabla 1. Estos criterios son considerados desde una perspectiva holística de la evaluación.

Durante el cursado de la asignatura se exige la realización de 4 trabajos prácticos obligatorios, dentro de los cuales se incluye a la wiki. La calificación de los trabajos prácticos constituye el 50% de la nota final de la asignatura.

Tabla 1. *Descriptores de los niveles de desempeño.*

Nivel de desempeño	Descriptor
Destacado	Nivel de desempeño excepcional, supera lo esperado.
Adquirido	Nivel desempeño esperado, mínimo nivel de error.
En desarrollo	Nivel de desempeño por debajo de lo esperado, nivel de error que constituye amenaza.
No adquirido	Nivel de desempeño que no satisface los requerimientos.

Fuente: elaboración propia

Para obtener los resultados del presente trabajo y elaborar las conclusiones se utilizaron las rúbricas evaluadas en la cursada 2015 para cada grupo de trabajo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El resultado de la evaluación conjunta de las rúbricas se presenta en la Figura 3.

Se evidencia un resultado crítico en el indicador **Participación**, ya que todos los grupos obtuvieron un nivel de desempeño **En desarrollo**. A partir del objetivo principal de la implementación de la wiki en el Trabajo Práctico (mejorar el trabajo colaborativo en equipos de trabajo) en el análisis de los resultados se hace hincapié en este indicador. Planteamos diferentes escenarios posibles causales de dicho resultado, observando tanto acciones de los estudiantes así como también de los docentes. En cuanto a los estudiantes, puede no haber existido el trabajo colaborativo o que hayan interactuado en otros soportes (cara a cara, mensajes, e-mails) incorporándolos posteriormente a la wiki, o falta de práctica en el uso de la herramienta, o una combinación de estos elementos. Desde el punto de vista de los docentes, puede que la consigna del trabajo práctico no haya sido comprensible en cuanto a la importancia del registro de la participación o falta de práctica en el uso de la herramienta, o una combinación de ambas. Las observaciones anteriores constituyen el punto de partida en el diseño de mejoras para que el trabajo práctico cumpla con el objetivo propuesto.

Por otro lado, se pudo observar un alto grado de resultados positivos referentes a otros criterios de evaluación, así como también un mayor grado de aceptación, compromiso y predisposición de los

estudiantes para con el trabajo práctico, cuestión no menor ya que no sucedía del mismo modo con el trabajo práctico tradicional.

En base a lo anterior los docentes se proponen realizar como mejora la visualización y el seguimiento del proceso durante la elaboración de las wikis, generando interacciones entre docentes y estudiantes, introduciendo comentarios en el texto o en el foro interno del grupo. Dicha comunicación permitirá conseguir un mejor rendimiento a lo largo del proceso y la participación de los integrantes del equipo a través de la motivación.

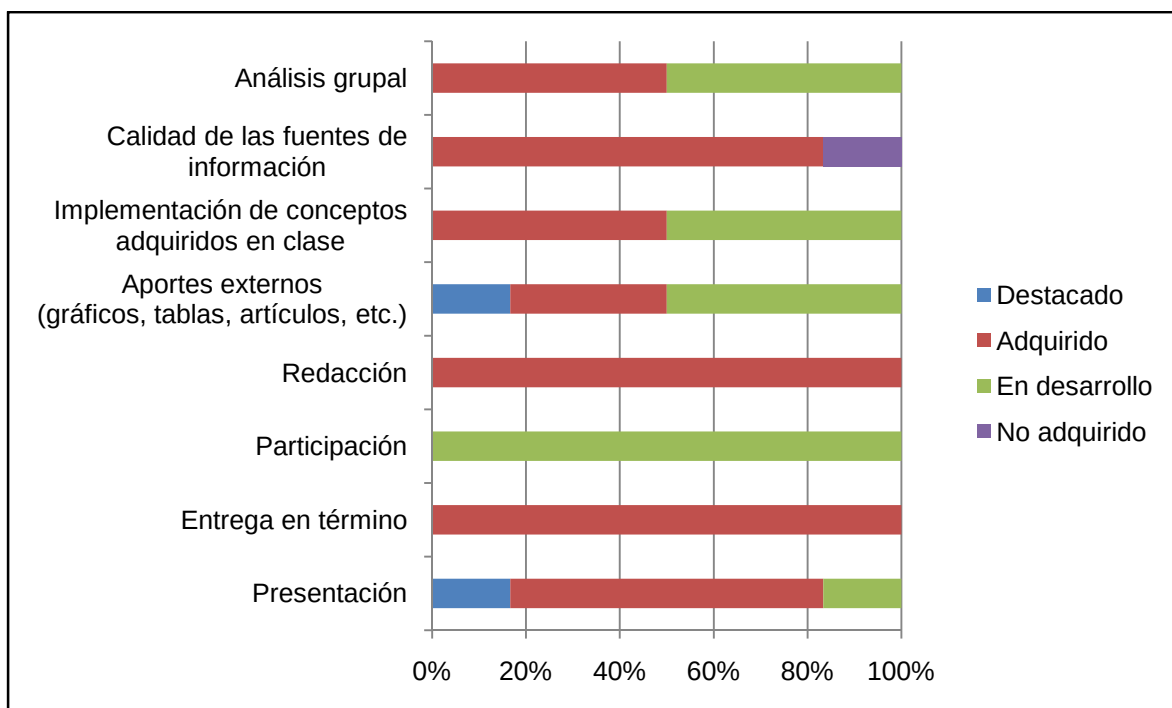


Figura 3 Resultado de la evaluación del total de rúbricas en conjunto.
Fuente: elaboración propia.

4. CONCLUSIONES.

La wiki es una herramienta de gran valor educativo, tanto para el proceso de enseñanza-aprendizaje como para la evaluación.

Permite un verdadero desarrollo de las competencias que se buscan en los estudiantes. La negociación dentro de los grupos de trabajo sobre los contenidos y el reconocimiento del trabajo de los otros compañeros favorece las competencias relacionadas al desarrollo de procesos colectivos y trabajo en equipo. Se trata de una creación grupal en la que los estudiantes poseen una gran libertad para aplicar sus capacidades creativas. A su vez, deben desarrollar sus competencias para la redacción, el análisis, la síntesis y la selección de información. Las construcciones colaborativas ayudan a salvar un problema que suele repetirse con frecuencia en los trabajos grupales. Es muy común observar la composición de trabajos donde es evidente la separación de tareas en el grupo, donde las secciones del trabajo fueron repartidas entre los integrantes y realizadas individualmente, para luego ser unidas sin un criterio y estilo homogéneo. En la creación colectiva de una wiki, si bien existe la posibilidad de que esa misma separación de tareas exista, se favorece la discusión y el involucramiento de todos los integrantes en la totalidad del trabajo. Pero también es una excelente herramienta para la evaluación. En un contexto educativo en donde se suele recaer con gran preponderancia en el análisis de los resultados, la evaluación de procesos se hace totalmente necesaria. La wiki permite que los docentes puedan hacer un seguimiento del proceso creativo y participativo del grupo y de cada uno de los integrantes, así como también su desarrollo comunicacional intragrupo.

Los resultados preliminares de la experiencia han sido consistentes con el objetivo propuesto por el cuerpo docente de la asignatura, aunque también se debe realizar la mejora propuesta.

5. REFERENCIAS.

- [1] De Miguel Díaz, M. (2005). *Modalidades de Enseñanza Centradas en el Desarrollo de Competencias. Orientaciones para Promover el Cambio Metodológico en el Marco del EEES*. Oviedo. Ediciones Universidad de Oviedo. Oviedo, España.

- [2] Montenegro, M. y Pujol, J. (2009). "Evaluación de la wiki como herramienta de trabajo colaborativo en la docencia universitaria". *RED – Revista de Educación a Distancia*. Número monográfico X. Número especial dedicado a Wiki y educación superior en España (en coedición con Red-U). <http://www.um.es/ead/red/M10/>
- [3] Area, M. (2009). Las wikis en mi experiencia docente. Del diccionario de la asignatura al diario de clase. *Red U - Revista de Docencia Universitaria*. Número monográfico IV. Número especial dedicado a Wiki y educación superior en España (en coedición con Revista de Educación a Distancia –RED). http://www.um.es/ead/Red_U/m4/
- [4] Grupo CONFEDI. (2006). Competencias Ingeniería Industrial. Consejo Federal de Decanos de Ingeniería, Argentina.

Estudio de la percepción y el impacto de la lentificación en los estudiantes de Ingeniería Industrial del ciclo superior

Onaine, Adolfo Eduardo*; Artigas, María Velia S.; Santille, Luciana S.

Departamento de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Av. Juan B. Justo 2050.B7608FBTMar del Plata, Argentina - aeonaine@fi.mdp.edu.ar

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo indagar cuál es la percepción de los estudiantes sobre la lentificación de sus carreras y cómo impacta en sus trayectos formativos del ciclo superior de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Para ello se plantean objetivos específicos como: establecer el impacto que tiene la lentificación de los estudiantes avanzados; comprender cuáles serían las consecuencias directas e indirectas; y explicar el papel que juega la tutoría en este proceso. Se considera crucial poder conocer y comprender cuáles son las percepciones de los estudiantes sobre cómo es el tránsito en su carrera. Esta labor constituye un eslabón de varios años consecutivos de hacer foco en las tutorías universitarias, precisamente en las acciones desarrolladas en el ciclo superior. El plan de estudios se estructura con un ciclo básico cuasi común para las diez terminales existentes y uno superior (de especialización) cuya planificación académica depende de siete departamentos. Será objeto del presente análisis el departamentode Ingeniería Industrial. En relación a las tutorías, se ha contado con acciones en el ciclo básico varios años consecutivos, se han tenido experiencias discontinuadas en los ciclos superiores y actualmente existen tutorías en el egreso. Se utiliza una metodología mixta, dado que se realizan grupos focales para evaluar las percepciones de los estudiantes en cuanto a su trayecto formativo en el ciclo superior y también se aplica un cuestionario semi-estructurado con respuestas abiertas y de opciones múltiples. La muestra es intencional formada por estudiantes de 3° y 4° año. El marco teórico está basado en fuentes bibliográficas que forman la base conceptual y trabajos previos del grupo de investigación. Como resultado se espera poder profundizar en la temática de lentificación de los estudiantes con el objeto de intervenir para intentar revertir esta situación.

Palabras Claves: Percepción de los estudiantes; Lentificación; Tutorías; Ingeniería Industrial.

ABSTRACT

The objective of this work is to investigate the students' perception about the slow pace of their careers and how they impact on their training paths in the higher cycle of the Industrial Engineering career at the Faculty of Engineering of the National University of Mar del Plata. For this purpose, specific objectives are proposed, such as: establishing the impact of advanced students' Understand what the direct and indirect consequences would be; and explain the role that tutoring plays in this process. It is considered crucial to be able to know and understand what the students' perceptions of the traffic flow in their career are. This work constitutes a link of several consecutive years of focusing on university tutorials, precisely in the actions developed in the higher cycle. The curriculum is structured with a basic quasi-common cycle for the ten existing terminals and a higher one (of specialization) whose academic planning depends on seven departments. The Department of Industrial Engineering will be the object of this analysis. In relation to the tutorials, there have been actions in the basic cycle several consecutive years, discontinuous experiences have been had in the upper cycles and there are tutorials in the egress. A mixed methodology is used, given that focus groups are used to evaluate students' perceptions of their training path in the upper cycle, and a semi-structured questionnaire with open and multiple choice answers is also applied. The sample is intentional formed by students of 3 ° and 4 ° year. The theoretical framework is based on bibliographic sources that form the conceptual basis and previous work of the research group. As a result, it is hoped to be able to delve deeper into the issue of slowing down students in order to intervene to try to reverse this situation.

Keywords: Perception of students; Lentification; Tutorials; Industrial Engineer.

1. INTRODUCCIÓN

Los cambios científico-tecnológicos y contextuales impactan en la sociedad del conocimiento actual. Las universidades son atravesadas por movimientos constantes que hacen que se fluctúe de un modelo de pensamiento a otro. En ocasiones, no es posible el acomodamiento deseado dado que se está obligado a comenzar a pensar en un nuevo paradigma.

Estas ideas se podrían ejemplificar con el destino que han transitado las tutorías universitarias. Han surgido hace una década, aproximadamente; han sido sostenidas y financiadas por las políticas públicas nacionales en educación; varias universidades las han adoptado pero no las asimilaron y otras las han legitimado convirtiéndolas en espacios académicos reconocidos institucionalmente.

A la fecha, las tutorías han dejado de tener luz propia, en su remplazo aparece el foco en los proyectos formativos comunes, las familias de carreras y los modelos de planes de estudios basados en competencias. Entonces ¿qué se hace con lo probado y consolidado de los modelos de tutorías en educación superior? ¿Cómo podría contribuir una acción tutorial en este nuevo esquema de formación de las ingenierías?

Sin duda es un tipo de abordaje por demás probado y facilitador para reducir la lentificación y deserción de la población estudiantil. Por lo cual cada unidad académica se debería formular las siguientes preguntas: de qué modo, con qué alcance, a qué población estudiantil y qué tipología de tutoría podría ofrecerse.

2. MARCO TEÓRICO

Para comenzar a comprender la temática en cuestión, se define la deserción como la no culminación de una carrera universitaria y la lentificación como el no cumplimiento de los plazos establecidos en la planificación curricular para su concreción; representando deserción y lentificación un problema complejo de difícil abordaje. Por ello, trabajar en pos de aumentar el número de trayectorias estudiantiles que tienen rendimientos académicos satisfactorios en la enseñanza superior de grado resulta un tema primordial en la agenda de las universidades argentinas.

De acuerdo a lo señalado por Algañaraz, Castillo y Guevara [1], si bien se comparte el interés general sobre el devenir de las trayectorias de estudiantes en las instituciones universitarias de gestión estatal, abordado por un número cada vez mayor de estudios dedicados al tema [2-7], cada estudio particular procura desarrollar una visión analítica propia que permita capturar rasgos de la especificidad del fenómeno. Los estudios muestran que la tasa de graduación en el sistema universitario argentino es por demás preocupante, al que se le atribuye según algunas fuentes, un valor aproximado al 20%. La mayor parte de la deserción se verifica en el primer año [8].

En el plano local, tomando las conclusiones del último informe de Autoevaluación Institucional realizado en 2007 en la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP), investigadores como Canedo, Canet Juric y Andrés [9] establecen como una característica compartida por las 45 carreras en funcionamiento que superaban largamente la duración teórica estipulada en sus planes de estudio. Generalmente concretándose en un perfil de ciclo largo de nueve años para carreras de cinco o seis. Además, las tasas de deserción estudiantil resultaban altas, superiores al 50% en la mayoría de las carreras. Esta preocupante situación tenía como correlato bajas tasas de graduación. Por otra parte, los indicadores de desgranamiento de las carreras universitarias, sobre todo en los primeros años de formación, dan cuenta de planes de estudio y regímenes de enseñanza que resultan en muchos casos estructuras rígidas que no ofrecen alternativas para la continuidad de estudios. Lo cual se contradice con una sociedad que se caracteriza por la flexibilidad y la adopción de diversas modalidades y estrategias, presentando así una visión de desinterés de la universidad por las necesidades del medio a través de la consolidación de sus prácticas endogámicas [10].

García, Gonzalez y Zanfrillo [11] manifiestan que los diseños curriculares presentan rigidez a través de extensos programas de asignaturas, rigurosidad en la estructura de correlatividades y escasez de disponibilidad horaria entre otras cuestiones. Ello manifiesta una actitud de alejamiento de la institución educativa de las necesidades de la sociedad, de las condiciones socio-económicas de la comunidad y de las características del estudiante en cuanto a su perfil académico, digital y futura inserción laboral. Desde el mundo de la empresa, el reclamo a la Universidad se sostiene en una demanda de adecuación de perfiles profesionales a un entorno dinámico y globalizado. Su parte, responde con la adecuación -no entendido como ajuste- de sus currículas y la generación de vínculos en intensidad y extensión, que posibiliten la transferencia del conocimiento generado en el ámbito universitario al mercado.

García, Gonzalez y Zanfrillo [11], focalizan su estudio también en la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, las cuestiones expuestas anteriormente dan cuenta de un incipiente trabajo en la búsqueda de los factores que afectan el avance de los estudiantes, y en su caracterización, especialmente en los factores de proceso

como aquellos que corresponden a la categoría docente y curricular. Sin duda, los estudiantes perciben como propias gran parte de estas problemáticas, aunque también se adjudican al diseño curricular y al docente, pero en este caso, principalmente para el ciclo básico. Las conclusiones del trabajo presentan a un estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial que se inserta en el mundo laboral a una determinada edad, que tiene buenos hábitos de estudios, que utiliza instrumentos didácticos tradicionales y tecnológicos, y que visualiza diferentes problemáticas con respecto al desarrollo de su vida académica, específicamente en algunas asignaturas tanto del ciclo básico como del profesional.

Los autores mencionados Canedo, Canet Juric y Andrés [9] continúan explicando que más allá de las estadísticas, mejorar las trayectorias estudiantiles en la universidad es un objetivo que tiene implicancias personales, familiares y sociales. La población estudiantil universitaria se caracteriza por una vulnerabilidad debido a las exigencias que plantea la vida académica. Estas exigencias pueden provocar sentimientos negativos por no poder responder de la forma esperada [12].

Las nuevas teorías del aprendizaje y autores como Gardner [13] resaltan la importancia de la iniciativa del individuo en el proceso de aprendizaje. En este sentido, se podría visualizar un cambio de paradigma en la concepción de cómo se debe enseñar y aprender. Se produce un viraje desde el aprendizaje centrado en el profesor al aprendizaje centrado en el estudiante, considerado como un sujeto activo. Es destacable a su vez la gran influencia del esfuerzo y tiempo invertido por el estudiante en sus resultados. La constancia y la planificación del trabajo son inherentes al éxito en los estudios universitarios [14]. A pesar de la evidencia sobre la influencia de la autorregulación en el rendimiento académico han sido escasas las propuestas para identificar como estos conocimientos pueden ayudar a la práctica educativa. La autorregulación no suele desarrollarse de forma espontánea ni es consecuencia directa del avance con relativo éxito en el sistema educativo. El hecho de que esta habilidad pueda ser enseñada abre una brecha de posibilidades para fomentar el uso de estrategias de autorregulación en población estudiantil.

3. METODOLOGÍA

3.1. Muestra

La muestra está conformada por dos grupos, uno formado por estudiantes de 3° año (N=14) y otro de 4° año (N=30). El criterio de selección de la muestra fue intencional, se convocó en dos oportunidades a estudiantes de estos dos años de la carrera. Primeramente a un grupo focal (N=10) donde se trabajaron las percepciones sobre su situación académica en la carrera, expectativas, temores, entre otros temas. En un segundo momento se aplicó un cuestionario (N=34) creado para tal fin. Ambas convocatorias fueron de participación voluntaria.

3.2. Procedimientos y métodos de análisis

Se utiliza una metodología mixta, dado que se realizan grupos focales para evaluar las percepciones de los estudiantes en cuanto a su trayecto formativo en el ciclo superior con un objetivo exploratorio. Luego, a partir de las temáticas que surgen en los grupos focales y los objetivos de la investigación se construye un cuestionario semi-estructurado con respuestas abiertas y de opciones múltiples.

Este enfoque metodológico cuali-cuantitativo indaga las percepciones de los estudiantes y cómo explican ellos mismos la identificación. Por lo tanto se contará con datos que conforman la estadística descriptiva y datos cualitativos sobre los cuales se aplica un análisis de contenido del discurso a partir de las categorías emergentes.

Para el armado del cuestionario, que consta de 15 ítems, se tuvo en cuenta los datos analizados de un cuestionario previo y dos grupos focales pre-existentes. Las preguntas cerradas tienen 7 opciones como máximo pudiendo responder a varias alternativas al mismo tiempo. Con las respuestas a las preguntas abiertas se aplicó un análisis de contenido según categorías emergentes como se ha mencionado.

Como resultado se espera poder contar con elementos suficientes para re-direccionar acciones existentes en cuanto a la tutoría en el ciclo superior de la carrera de ingeniería industrial. Asimismo servirá de insumo para el proceso de revisión del plan de estudio que se está llevando a cabo.

4. ANÁLISIS DE DATOS

4.1. Resultados

En cuanto a la descripción de la muestra (N=14) del grupo que corresponde a 3° año el 64% ingresó en 2015 y el 36% restante antes de 2015.

Se observa que a la totalidad de estudiantes le falta más de la mitad de la carrera y un 79% está identificado. Según sus percepciones consideran que se recibirán un año después de lo que estipula el plan de estudios.

Un primer interrogante que surgió en el grupo focal fue el impacto que les significa estar o no lentificado. Lo cual se pudo profundizar a través de la encuesta, resultando que el 57% de este grupo de estudiantes no está preocupado por ello. El 93% sostiene que la edad de egreso le permitiría alcanzar entonces el empleo deseado y el 50% dice que existe una relación directa entre la edad de egreso y la inserción laboral.

Este grupo no identifica obstáculos que interfieran en el desarrollo de su carrera sin embargo puede clasificar las causas que provocan lentificación (N=11). Las cuales se pueden categorizar en causas que dependen de factores personales, tales como: problemas de adaptación a la vida universitaria (1), otras prioridades (2), problemas familiares (1); y causas que dependen de factores académicos como: plan de estudio (2), problemas con la carga horaria de las asignaturas (3) y recursadas del ciclo básico (2). Por otro lado, el grupo de estudiantes lentificados manifiesta preocupación atribuida a factores personales como ser: no cumplir con expectativas propias previas (1), no poder solventar sus estudios por problemas socio-económicos (1), bajo rendimiento académico (1); y factores académicos como exigencias del plan de estudios (1).

El grupo de estudiantes correspondiente a 4º año (N=30), mayoritariamente promedian su año de ingreso en 2013.

A la totalidad de la muestra le falta menos de la mitad de la carrera, estiman graduarse dos años después de lo que regula el plan de estudios y según los datos relevados el 77% estaría lentificado.

Una cuestión a destacar de este grupo es que el 80% no está preocupado por su lentificación. Asimismo el 94% sostiene que la edad de egreso le permitiría alcanzar el empleo deseado y el 50% dice que existe una relación directa entre la edad de egreso y la inserción laboral.

Respecto a los obstáculos que interfieren en el desarrollo de sus carreras, menos de la mitad de los estudiantes logran identificarlos (N=13). Las dificultades señaladas son: práctica de deportes, plan de estudios, características de docentes, regímenes de cursadas, carga horaria, entre otros.

Otras categorías que surgen a partir de analizar sus percepciones de por qué están lentificados se agrupan en causas que dependen de factores personales tales como: problemas de adaptación a la vida universitaria (3), otras prioridades (5), cambio de carrera (3); y causas que dependen de factores académicos como ser: plan de estudio (3), problemas con la carga horaria de las asignaturas (1), recursadas del ciclo básico (6).

Por otro lado, el grupo de estudiantes lentificados de 4º año manifiesta preocupación atribuida mayormente a la inserción al mercado de trabajo.

Luego se considera de modo conjunto a los dos grupos de estudiantes, y se obtienen resultados interesantes que corresponden a las percepciones de los mismos sobre a quién acudir ante un problema de diversa índole (ver Tabla 1).

Tabla 1 *Percepción de los estudiantes sobre a quién acudir ante problemas diversos*

Tipo de Problema	Respuesta	Resultado grupo 3º año	Resultado grupo 4º año
Problema personal	Secretaría Académica	0%	10%
	Departamento Industrial	0%	3%
	Profesor	14%	10%
	Familiar	79%	53%
	Amigo	79%	63%
	Compañero de Facultad	36%	67%
	Otro	14%	3%
Problema académico	Secretaría Académica	36%	30%
	Departamento Industrial	0%	3%
	Profesor	14%	33%
	Familiar	14%	13%
	Amigo	14%	20%
	Compañero de Facultad	79%	53%
	Otro	0%	0%
Problema administrativo	Secretaría Académica	50%	70%
	Departamento Industrial	0%	13%
	Profesor	0%	17%
	Familiar	43%	3%
	Amigo	7%	7%
	Compañero de Facultad	21%	20%
	Otro	7%	17%

Para lograr una mejor interpretación de los datos cabe aclarar que en la encuesta se permitía la elección de alternativa de respuesta múltiple ante cada pregunta. También es importante mencionar que en la categoría de respuesta 'otro' se han obtenido resultados dispares, tales como: hay quienes ante un problema personal acuden al centro de estudiantes o a un psicólogo; así como otros ante un problema administrativo se dirigen al Departamento de Alumnos.

Por último se indagó sobre la situación socio-económica de la muestra con la finalidad de comprender cómo los estudiantes solventan sus estudios dado que resulta de interés conocer si la lentificación puede ser causa o consecuencia de ello. Es decir, que un estudiante se atrase en su carrera de grado podría ser a causa de no poder afrontar los gastos que la misma implica o bien por el hecho de tener una solvencia económica familiar no les preocupe su situación de estancamiento en la carrera. A la luz de los resultados se registra que más del 70% de los estudiantes de la muestra viven y dependen económicamente de sus familias.

4.2. Análisis

A partir de los resultados relevados y expresados anteriormente se evidencia que para el conjunto de estudiantes de 3º y 4º año la lentificación no es vivida como un problema. Sin embargo del primer grupo el 79% está lentificado y en el segundo el valor también es preocupante dado que significa el 77% de la muestra. Lo cual hace pensar que los estudiantes al no tener una percepción negativa de su estancamiento no generan conductas activas de auto-regulación. Es decir, acciones correctivas sobre cómo aprender de modo más eficaz, dedicar mayor tiempo a estrategias de estudio, entre otras.

En cuanto a la comparación entre grupos, se puede observar que los estudiantes de 3º año tienen una percepción menos realista dado que estiman terminar sus estudios antes, en cambio los estudiantes de 4º año, que estarían lentificados en la misma proporción, tienen una mirada más acorde a su situación de cursada. Otra diferencia en la percepción entre ambos grupos radica en que los del primero no identifican obstáculos para el desarrollo de la carrera en cambio para el segundo sí existe cierta dificultad.

Al analizar las causas que los estudiantes identifican para explicar la lentificación se podrían agrupar en internas, que deberán analizarse respecto a cuestiones académicas tales como el plan de estudios, y en externas, que como dependen de factores personales de los estudiantes no permiten el abordaje directo y quedan fuera de alcance institucional. Siguiendo esta lógica el grupo de 3º año define un 35% de causas externas y un 65% de causas internas, en cambio los estudiantes de 4º año las definen en igual porcentaje. Lo cual vislumbra una variación en sus percepciones a medida que avanzan en el transcurso de sus carreras.

Por último, se podría decir que no existe una relación directa entre la lentificación y la situación socio-económica del grupo ya que los datos muestran que la mayoría de los participantes del estudio no tienen dificultades para solventar su carrera.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temática trabajada en la presente comunicación es una problemática con alcance nacional, la cual ocupa a docentes e investigadores de diferentes disciplinas comprometidos con la educación superior y preocupados por las elevadas tasas de deserción y de lentificación.

En respuesta a ello se despliegan diversos abordajes estratégicos que deberían respetar las particulares de cada sistema universitario y el contexto en que se circunscribe; los perfiles de la carrera; y las distinciones entre población estudiantil. Por consiguiente, no existen recetas generales si bien la problemática puede ser común.

Atendiendo al objetivo principal que consiste en indagar cuál es la percepción de los estudiantes sobre la lentificación de sus carreras y cómo impacta en sus trayectos formativos del ciclo superior, se encontró que no existe un impacto negativo generalizado sobre la lentificación a pesar de que una parte de la muestra manifiesta preocupación al respecto. Estas percepciones se obtuvieron y ratificaron a través de una metodología mixta, con grupos focales y encuestas semi-estructuradas.

En contra partida de lo antes mencionado, el impacto de la lentificación es negativo para el sistema académico, dado que tiene consecuencias económicas, organizativas, operativas y pedagógicas.

Consecuentemente, se pudieron extraer conclusiones sobre las causas de lentificación y los obstáculos en el desarrollo de carrera que los estudiantes identificaron. Así pues, estas causas identificadas por la muestra fueron clasificadas en categorías tales como causas externas (personales) e internas (académicas), para poder profundizar en su tratamiento y abordaje.

Finalmente, el poder conocer las variables intervinientes contribuye a la planificación de acciones de tutoría acordes a las necesidades de los estudiantes del presente estudio; entendiendo que sobre causas de índole personal no se tiene injerencia.

6. REFERENCIAS

- [1] Algañaraz, Victo; Castillo, Gonzalo; Hilda M. Guevara. (2017). "Pensar la lentificación de las trayectorias estudiantiles universitarias desde la reflexividad bourdiana". *Diálogos Pedagógicos*. Año XV, N° 29, Pág. 50-71. Universidad Nacional de San Juan.
- [2] Borracci, R., Pittaluga, R., Álvarez Rodríguez, J., Arribalzaga, E., Poveda Camargo, R., Couto, J.; Provenzano, S. (2014). "Factores asociados con el éxito académico de los estudiantes de Medicina de la Universidad de Buenos Aires". *Revista Medicina*. N° 74, Pág. 451-456. Universidad Nacional de Buenos Aires. Argentina.
- [3] Carli, S. (2012). *El estudiante universitario. Hacia una historia presente de la educación pública*. Buenos Aires. Editorial: Siglo XXI. Argentina.
- [4] Gago, M. (2008). "Trayectorias académicas de jóvenes estudiantes universitarios de dos facultades de la Universidad Nacional de la Patagonia". *Ponencia presentada en las V Jornadas de Sociología de la Universidad Nacional de La Plata*. La Plata, Argentina.
- [5] Goldenhersh, H., Coria, A.; Saino, M. (2011). "Deserción estudiantil: desafíos de la Universidad pública en un horizonte de inclusión". *Revista Argentina de Educación Superior (RAES)*. Año 3, N° 3, Pág. 96-120. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- [6] Petric, N.; Bartolini A. (2014). "El egreso a término en la universidad: justificación y relevancia de su estudio". *Diálogos Pedagógicos*. Año XII, N° 23, Pág. 103-108. Entre Ríos, Argentina.
- [7] Soraire, E. (2012). "La diversidad cultural en la universidad: algunos mecanismos que operan en la configuración de las identidades culturales". *Cuadernos*. N° 42, Pág. 105-116.
- [8] Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria. (1998). "Informe final Evaluación externa de la Universidad Nacional de San Juan".
- [9] Canedo, Corel M.; Canet Juric, Lorena; Andrés, María L. (2015). "Deserción y lentificación en los estudios universitarios: aportes cognitivos para un mejor rendimiento académico". *Questión. Revista especializada en periodismo y comunicación*. Vol. 1, N° 48. La Plata, Argentina.
- [10] Villanueva, Ernesto. (2004). *La agenda universitaria: propuestas de políticas públicas para la Argentina*. Colección de Educación Superior. Universidad de Palermo. Buenos Aires, Argentina.
- [11] García, Juan C.; Gonzalez, Manuel L.; Zanfrillo, María I. (2011). "Desgranamiento Universitario: perspectiva estudiantil en ingeniería". *XI Coloquio Internacional sobre Gestión Universitaria en América del Sur. II Congreso Internacional IGLU*. Florianópolis, Brasil.
- [12] Velásquez, C.; Montgomery, W.; Montero, V.; Pomalaya, R.; Dioses, A.; Velásquez, N.; Reynoso, D. (2008). "Bienestar psicológico, asertividad y rendimiento académico en estudiantes universitarios sanmarquinos". *Revista de Investigación en Psicología*. Año 11, N° 2, Pág. 139-152. Lima, Perú.
- [13] Gardner, J. W. (1963). *Self-renewal: The individual and the innovative society*. Nueva York. Harper and Row.
- [14] Álvarez Rojo, V. y otros. (1999). "El rendimiento académico en la universidad desde la perspectiva del alumnado". *Revista Española de Orientación y Psicopedagogía (REOP)*. Año 10, N° 17, Pág. 23-42. España.

Evaluación de la estructura del Plan de estudios de Ingeniería Industrial de la FIUBA a la luz de las tendencias curriculares mundiales

Soto Marcela Fabiana

*Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires
Av Las Heras 2214, CABA
sotomariela@hotmail.com*

RESUMEN.

En este trabajo se analizó la estructura del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial de la FIUBA (Plan 2011) a la luz de las tendencias curriculares mundiales. Como conclusión, se identificaron cuáles serían los desafíos estructurales de un nuevo plan que se adapte a estas tendencias sin dejar de lado la concepción de Ingeniero Industrial definida por el CONFEDI.

El trabajo permitió identificar los siguientes cambios que deberían considerarse en la definición de un nuevo plan de estudios:

- Llevar la carrera a 5 años , incluido el CBC
- Pensar el plan como dos ciclos, con un título intermedio. Esto probablemente obligaría a repensar el hecho de que todas las ciencias y tecnologías básicas estén concentradas en los tres primeros años.
- Dar un mayor carácter formativo: Incorporar, dentro de la mirada sistémica propia del ingeniero industrial, aspectos sociales, psicológicos y políticos. Valorar académicamente la realización de experiencias formativas, actividades extracurriculares, prácticas profesionales e intercambios académicos.
- Apuntar a una mayor personalización del trayecto.
- Incorporar conocimientos de frontera con capacidad operativa.
- Incorporar herramientas que permitan acceder al análisis de grandes volúmenes de datos.

Palabras Claves: curriculum, plan de estudios , FIUBA

ABSTRACT

The aim of this work was to analyse the syllabus of the Industrial Engineering career at FIUBA, which was reformed in 2011, being guided by the global trends in education. Consequently, the core of an upgraded syllabus based on these trends was identified, always remembering what an Industrial Engineer means for the CONFEDI.

This study allowed to identify the following changes, which should be considered in a new syllabus:

- a) Reducing the length of the course of studies to 5 years, the CBC included. b) Dividing the totality of the course in two, separated by an intermediate diploma. This topic would probably lead to further investigation about the fact that all the science and technology courses are concentrated in the first three years. c) Involving social, political and psychological aspects in the curriculum. Extracurricular activities should be as valued as the academic courses. d) Promoting the programs to study abroad e) Incorporating tools to get access to the large volume of data analysis. f) giving the student greater decision over his / her own university education g) providing operational capacity in cutting-edge technology subjects.

1. Introducción

El objetivo de este trabajo es analizar la estructura del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial de la FIUBA (Plan 2011)¹ a la luz de las tendencias curriculares mundiales e identificar cuáles serían los desafíos estructurales de un nuevo plan que se adapte a estas tendencias sin dejar de lado la concepción de Ingeniero Industrial definida por el CONFEDI.

Como marco teórico, se utilizarán los estudios realizados por Daniel Feldman [1] de Argentina y Nicolás Zabalza [2] de España, que a partir de los cambios acordados en Europa en la declaración de Bologna de 1999, donde se acordó la creación de un “Espacio Europeo de Educación Superior”, comenzaron a identificar cierta convergencia de las tendencias de las estructuras curriculares en la comunidad Europea y en Estados Unidos. Tendencias que ciertamente se consolidaron a partir de entonces.

Como metodología de trabajo, se realizará un estudio por comparación, tomando como referencia el plan de Estudios del Bachelor of Science in Industrial Engineering (BSIE) del Georgia Institute of Technology (GaTech), de Estados Unidos, que responde con bastante fidelidad a las tendencias curriculares identificadas.²

En la FIUBA, la carrera de Ingeniería Industrial, está prevista para 6 años (incluido el CBC) y otorga el título de Ingeniero Industrial. En el GaTech el primer ciclo, de 4 años otorga un título de Bachelor of Science in Industrial Engineering (BSIE), con reconocimiento laboral. Este puede continuarse con un Master o un doctorado en distintas especialidades. En todo este trabajo se comparará el curriculum de Ingeniero Industrial de la UBA con el BSIE del GaTech.

2. Marco teórico

2.1 Modelos curriculares

Respecto a la estructura curricular, en una primera aproximación, se pueden distinguir dos tipos de posibles estructuras: la estructura vertical y la estructura cíclica

La **estructura vertical** es la más tradicional y vigente aún en la mayoría de las carreras de la UBA. La carrera se piensa como un todo, donde el alumno ingresa “en un tubo” que inicia luego del CBC y termina con la graduación al finalizar todas las materias del plan. No hay títulos intermedios y la posibilidad de cambiar de carrera no está prevista dentro del plan sino que se maneja como excepción, otorgando equivalencias entre materias semejantes de diferentes carreras.

Como todo el plan está pensado en función del “perfil del graduado”, que es de una determinada disciplina (o incluso subdisciplina), la formación es sumamente específica y con una fuerte interacción entre los estudiantes y profesores que pertenecen a la misma disciplina. Por eso, el proceso de enculturación es profundo y orientado a la profesión.

Por otro lado, la **estructura cíclica**, donde el concepto central es que un mismo ciclo básico habilita para seguir varias carreras. Cada ciclo debe tener integridad en sí mismo, debe acreditar que el estudiante que lo ha transitado ha desarrollado ciertas competencias. Esto genera la complejidad de definir cuál es la

¹ El plan de estudios vigente (2011) completo, con la carga horaria por materia de Ing.Industrial de la FIUBA puede encontrarse en <http://www.fi.uba.ar/sites/default/files/Ingenieria%20Industrial%202011.pdf>.

² El Plan de estudios vigente del Bachelor of Science in Industrial Engineering (BSIE) puede encontrarse en la página oficial del GaTech <http://catalog.gatech.edu/programs/industrial-engineering-bs/#text>

certificación que otorgará la facultad cuando el alumno termine cada uno de los ciclos intermedios. Esta estructura, usualmente implica un ciclo básico de 2,3 o 4 años con cierta orientación (por ejemplo en ciencias) que otorga un título intermedio y habilita para varias carreras, seguido de una maestría de 1 o 2 años o un doctorado.

En la estructura en ciclos, el estudiante transita un ciclo básico más amplio (en cuanto le habilita a seguir varias carreras diferentes) y que por lo tanto tiene contenidos más diversos y menos contenido específico de la disciplina que eventualmente elegirá. Esto por un lado le permite acceder a modelos de pensamiento diferentes, favoreciendo la flexibilidad, la amplitud de criterios, el respeto por la diversidad y otras cualidades asociadas a una mayor apertura mental. Pero, por otro lado, se debilita el proceso de enculturación y profesionalización. Digamos que, “hay una tensión entre la apertura y la profesionalización, entre la flexibilidad y el conocimiento profundo de un saber hacer” [1]

2.2 Tensiones que se ponen en juego en la definición del plan de estudios

Énfasis en el carácter formativo o énfasis en la formación profesional : A nivel de definición curricular de las carreras de ingeniería, esta tensión se manifiestan en dos momentos ; en la definición del perfil de graduado y en el armado del plan, al decidir qué peso se le da dentro del mismo a los que Zabalza llama “contenidos culturales generales”³ [2] .

Tensión entre la generalización y la especialización, que se pone de manifiesto desde la definición del perfil y los alcances del título. Esta es una tensión particularmente significativa en la carrera de Ingeniería Industrial. Tradicionalmente, la concepción de esta profesión es sistémica y abarcativa en si misma, sus bordes son sumamente difusos y se corren continuamente.

Desarrollar capacidades generales o específicas: el desarrollar capacidades generales favorece la adaptabilidad a lo largo de la carrera profesional. El desarrollar capacidades específicas, garantiza operatividad, saber hacer aquí y ahora y permite una primera inserción laboral con más capacidad de acción inmediata dentro de las empresas.

3 Contexto Universitario

3.1 Argentina. Facultad de Ingeniería de la UBA (FIUBA)

La Ingeniería Industrial en la Argentina ha tenido tradicionalmente un perfil profesionalista, especialmente en la FIUBA, donde el 69% de los 522⁴ docentes de la carrera tiene dedicación simple. Este porcentaje es aún mucho mayor en los departamentos terminales de las carreras; por ejemplo, en el departamento de Gestión, el 97,5% (196 sobre 201) de los docentes tiene dedicación simple. Esto habla ya de un cuerpo docente cuya actividad principal no está dentro de la FIUBA y del tradicional poco peso de la investigación dentro de la estructura.

³ “Contenidos culturales generales” aquellos que hacen a la formación integral de la persona, basada en una mirada ancha e integral de la formación universitaria.

⁴ Dato obtenido del Informe de certificación de la CONEAU del año 2011

Sin embargo tanto la Ley de Educación Superior (LES) como las resoluciones aprobadas para la acreditación de las carreras de Ingeniería, exigen que las Universidades se dediquen también a la investigación, y esto ha impulsado en los últimos 10 años el desarrollo de áreas de investigación aplicada en estadística, desarrollo de software e investigación operativa, pero con poco impacto aún sobre la formación de grado.

3.1.1 Los estándares de acreditación de la carrera de Ingeniería Industrial en la Argentina

Ingeniería Industrial está dentro de las carreras que se considera que pueden comprometer el interés público. Por esa razón, según lo establecido en el art 43 de la Ley de Educación superior Nro 24521, sus curriculums deben cumplir con ciertos estándares. EL CONFEDI (Consejo Federal de decanos de Ingeniería) tuvo un rol central en la definición de los estándares de acreditación de la carrera de Ingeniería Industrial, que fueron plasmados en la RM Nro 1054/02, del año 2002

Actualmente, se está estudiando una propuesta de actualización de estándares presentada por el CONFEDI en 2014 [3]. Algunos de los criterios que guiaron la fijación de los actuales estándares como así también los cambios incorporados en la propuesta de modificación actualmente en estudio son:

- El CONFEDI se fija como objetivo definir un perfil de egresado que contribuya al desarrollo productivo del país y propone fijar estándares alineados con este perfil. En la propuesta del 2014, a diferencia de las anteriores, se muestra un interés por dar al ingeniero formación como ciudadano, por lo que se propone incluir contenidos específicos de Sociología, economía y política.
- Se plantea como objetivo tener en un futuro cercano, un ciclo básico de dos años común a todas las ingenierías, de manera tal de posibilitar la movilidad entre las diferentes terminales y entre diferentes facultades. Por esta razón, los contenidos mínimos de cs básicas son hoy comunes a todas las carreras de ingeniería.
Hay una decisión de que todas las carreras de ingeniería tengan una fuerte carga horaria de Ciencias básicas, que asegure una sólida formación conceptual para el sustento de las disciplinas específicas y que desarrolle la capacidad de autoaprendizaje, permitiendo al ingeniero incorporar los permanentes avances científicos y tecnológicos.
- Buscar la integración internacional de los graduados, por lo que considera que los estándares deben ser comparables internacionalmente, especialmente a nivel MERCOSUR.
- Se busca mejorar los indicadores académicos, en especial tasas de graduación y duración real de la carrera. En este sentido se alinean varias propuestas:
 - o Recomendar planes de estudio de 5 años de duración para todas las carreras de ingeniería.
 - o La deserción por cuestiones académicas es mucho mayor en el ingreso o el primer año; por esa razón, el CONFEDI fijó las “competencias de ingreso a las carreras de ingeniería”, de manera tal de dar pautas a la escuela media sobre las competencias mínimas necesarias que permitan acceder a estas carreras universitarias
- Hay consenso respecto a que el ingeniero no solo debe saber, sino que debe “saber hacer”, lo que implica una fuerte carga horaria dedicada a lo experimental /experiencial.

Los procesos de acreditación en la Argentina condicionaron fuertemente el diseño de los planes de estudio, ya que fijan los alcances y contenidos mínimos, dejando un escaso margen para desarrollar un perfil propio de cada universidad

3.2 Estados Unidos

Durante el siglo XX, las Universidades Americanas han sufrido un proceso de modernización de su modelo de gestión que les permite enfrentar la tensión que se da entre una universidad masiva y las demandas del mercado laboral, versus la integración de la investigación y la educación avanzada dentro de la universidad. Burton Clark , en 1997 [4,5] describe como fue esta evolución y como se llegó a la estructura actual, fuertemente departamentalizada y con fuertes centros de investigación. A partir de la segunda guerra mundial,

el sector privado y el gobierno comienzan a invertir fuertemente en investigación pura y aplicada dentro de las universidades y Estados Unidos se convierte así en un polo de atracción para quienes quieren formarse en la investigación. Los doctorandos, que deben atravesar un riguroso proceso de admisión, trabajan en estrecha colaboración con los profesores, en una relación experto-aprendiz, en el desarrollo de proyectos de investigación pura y aplicada.

La estructura por departamentos disciplinares y la integración dentro de cada departamento de funciones de investigación y docencia, permiten que los conocimientos permeen fuera del ámbito de investigación hacia las carreras de pregrado y grado, que por su misma concepción son masivos y poseen un perfil orientado al mercado laboral. Usualmente, la estructura de los planes de estudio es cíclica; un primer ciclo de 2 o 4 años en los que se obtiene un título de Bachelor que puede continuarse con un master o un doctorado.

3.3 Comunidad Europea [6,7]

En junio de 1999 los ministros responsables de la educación superior de 29 países europeos firmaron la Declaración de Bolonia, en la que se pone la primera piedra para la formación de un “Espacio Europeo de Educación Superior” (EEES). Se acordaron también una serie de objetivos a 10 años, como primera etapa en la construcción de este espacio común:

- *Adoptar un sistema de titulaciones fácilmente comprensible y comparable;*
- *Implementar un sistema basado esencialmente en dos ciclos principales;*
- *Establecer un sistema de créditos comunes (como el ECTS);*
- *Apoyar la movilidad de los estudiantes, docentes, investigadores, y personal administrativo;*
- *Promover la cooperación europea en el ámbito de la garantía de calidad;*
- *Fomentar la dimensión europea en la educación superior (tanto en términos de desarrollo curricular como de cooperación entre instituciones).*

La educación superior en Europa 2010: el impacto del proceso de Bolonia (EEES, 2010)

Para 2009, la inmensa mayoría de las instituciones de los países de Bolonia habían adoptado la estructura en tres ciclos (grado – master - doctorado) en casi todas las disciplinas. Suelen ser la excepción, aún hoy, medicina, odontología y algunas carreras afines que mantienen programas largos. El primer ciclo (grado) dura como mínimo 3 años y es seguido de un máster (1 o 2 años) y/o un doctorado de entre 3 y 4 años. Las estructuras más comunes son 3 años (grado) + 2 años (máster) ó 4 años (grado) + 1 año (máster). **El primer ciclo debe otorgar una cualificación que permita la incorporación al mercado laboral.** En la mayoría de los países menos del 25% de los estudiantes continua con el segundo ciclo.⁵

Para 2009 también se había avanzado en definir un sistema unificado de créditos (ECTS). Un crédito ECTS equivale a 25-30 horas de trabajo, e incluye: clases presenciales, estudio personal, tiempos destinados a participar en seminarios, realizar trabajos prácticos, preparar evaluaciones. Se considera que en un año full

⁵ EEES, (2012) El Espacio Europeo de Educación Superior en 2012: Informe sobre la implantación del Proceso de Bolonia “El porcentaje de titulados de primer ciclo que, en la práctica, se incorpora a un programa de segundo ciclo varía enormemente entre países”.... “en la mayoría de ellos únicamente entre el 10-24% y el 25-50% prosiguen con sus estudios en el segundo ciclo...”

time, el alumno puede cursar alrededor de 60 créditos que le demandarán entre 1500 y 1800 horas de dedicación.

En Lovaina 2009, se fijan también los objetivos de la segunda etapa, que corresponden a la segunda década de desarrollo del EEES. Entre ellos, rescatamos los siguientes por su impacto sobre el curriculum:

- El aprendizaje centrado en el estudiante, como objetivo de las reformas curriculares y pedagógicas que se están llevando a cabo. Esto se relaciona fuertemente con una mayor flexibilidad de los planes.
- Movilidad: para 2020, al menos el 20% de los titulados del EEES deberían haber pasado un periodo de estudio o de formación en el extranjero;

4 Dimensiones de análisis. Tendencias curriculares en occidente

Como dimensiones de comparación de los planes de Ing. Industrial de FIUBA y del GaTech tomaremos como base las tendencias curriculares identificadas por Miguel Zabalza [2] en 2003 que ciertamente se han acentuado en los últimos años a partir de la implementación del acuerdo de Bologna.

4.1 La estructura cíclica de las carreras: Existe una tendencia marcada a nivel mundial a pasar de carreras largas , sin títulos intermedios a carreras con varios ciclos más cortos, que otorguen títulos intermedios. Esta tendencia, tradicional en el mundo anglosajón, se acentuó en Europa en las últimas dos décadas a partir del acuerdo de Bologna .

Respecto a este punto, el CONFEDI ha mostrado preocupación porque los planes de estudio no excedan los 5 años y su intención de impulsar un ciclo de 2 años común a todas las carreras de ingeniería que facilite la movilidad entre las mismas

4.2 El carácter formativo del curriculum: “Hay cada vez mayor consenso acerca de que las Universidades deben pensar en una formación integral de la persona.....” (Existe una) “Demanda generalizada de potenciar la capacidad del impacto de la formación universitaria en toda la persona del estudiante, no solamente en el ámbito de sus conocimientos” [2]. Esto es desarrollar actitudes, valores, capacidad de seguir aprendiendo durante toda la vida, resolver problemas, conciencia de su responsabilidad social. También respecto a este punto el CONFEDI se ha expresado identificando la necesidad de formar en el autoaprendizaje y promoviendo la formación del ingeniero como ciudadano.

4.3 La personalización del trayecto:

“En tal sentido, flexibilizar los curricula universitarios supone la incorporación de los ciclos, la facilitación del tránsito de unas carreras a otras (a través de la existencia de troncos comunes y el establecimiento de criterios generosos en lo que se refiere a las equivalencias o convalidaciones); la incorporación de materias optativas (entre un 20 y un 25% del total de la carrera) y, finalmente, el reconocimiento de experiencias formativas y prácticas profesionales aunque hayan tenido lugar fuera de la sede universitaria”

Zabalza 2003 [2]

Respecto a esto último, se tiende a reconocer explícitamente la necesidad de promover e incluso definir como requisito exigible dentro del plan las experiencias formativas profesionales desarrolladas fuera del ámbito universitario .

4.4 Integración de la investigación : la investigación integrada a las universidades permite que se baje al grado los conocimientos de frontera del campo. Aún cuando la investigación en sí, suele estar separada del ciclo profesionalista concentrándose en los estudios de doctorado (en cuanto a los alumnos que

realizan investigación); cuando la investigación está integrada dentro de los departamentos académicos, permea mucho más naturalmente hacia todos los niveles académicos a través de los investigadores-docentes

4.5 Tender puentes interdisciplinarios: Salir de la individualidad y tender puentes interdisciplinarios, de manera tal que las asignaturas dejen de ser compartimentos estancos.

5. Definición del “crédito equivalente (CrE) como unidad de comparación de la carga horaria

En el análisis comparado se buscará cuantificar a través de la carga horaria asignada. Surge entonces la dificultad de que 1 crédito en FIUBA no representa la misma cantidad de horas de dedicación que un crédito en el GiTech. En la FIUBA, en un cuatrimestre típico se cursan alrededor de 24 horas semanales (24 créditos FIUBA), que requieren del alumno una dedicación full time. EL GaTech, el cuatrimestre típico es de 16 hs semanales (16 créditos GaTech), lo cual implica también una dedicación full time del alumno al estudio. Esto nos lleva a pensar que el esfuerzo total requerido para aprobar un crédito GaTech es mayor que el necesario para aprobar un crédito FIUBA. Partiendo del supuesto de que “dedicación full time” significa una dedicación similar en ambas universidades, podemos suponer que

24créditos FIUBA $\equiv$ 16 créditos GaTech

Definiendo el Crédito FIUBA como Crédito equivalente (CrE) $\Rightarrow$ **1CrE =1 cré. FIUBA=0,66 cré. Gatech**

La tabla comparativa de los créditos equivalentes de ambos planes, que se utilizará en el análisis siguiente, puede consultarse en el anexo 1

6. Análisis

En la FIUBA, la carrera de Ingeniería Industrial, está prevista para 6 años (**283 CrE**). La estructura de la carrera comprende dos ciclos de formación: un Ciclo Básico Común (CBC) de dos cuatrimestres (38 CrE) y un Segundo Ciclo de la Carrera de diez cuatrimestres (245 CrE).

El CBC responde a lo que en el punto 2.2 definimos como “estructura cíclica”; debe estar completo para comenzar el 2do ciclo y habilita para ingresar a varias carreras diferentes de la UBA.

El 2do ciclo, de 5 años, posee una estructura absolutamente tubular, sin títulos intermedios ni posibilidad de cambiar de carrera, salvo tramitando equivalencias. Como finalización del 2do ciclo, se debe realizar un trabajo profesional o una tesis.

En este segundo ciclo, las ciencias básicas se concentran en los dos primeros años; en el tercer año predominan las ciencias básicas aplicadas y en los dos últimos las materias orientadas hacia la formación profesional en tecnología, gestión y economía.

La posibilidad de personalizar el trayecto se da a través de materias optativas, que representan 12 CrE⁶ de un total de 283 (**5% del total de créditos cursados**) y pudiendo optar, para finalizar la carrera por realizar una tesis o un trabajo profesional. Se otorga un título único, de Ingeniero Industrial, igual para todos.

⁶ En este momento se están llevando a cabo cambios en el plan de estudios 2011 que implican que 6 materias obligatorias pasan a ser optativas, llevando la cantidad de créditos optativos de 12 a 36, lo que representará un 13% de los créditos totales a cursar

En el caso del GaTech el primer ciclo, de **4 años (128 créditos = 192 CrE)** otorga un título de Bachelor of Science in Industrial Engineering (BSIE), con reconocimiento laboral. Los dos primeros años del BSIE, comunes a todos los alumnos, tienen una fuerte formación en matemáticas, estadística, computación, ciencias sociales, y el grado de personalización se limita a poder elegir entre algunas materias que llaman "Selective electives"; así por ejemplo en "Lab sciences" deben elegir 2 materias entre química, cs de la tierra, biología, etc.... En estos primeros dos años, las "Selective electives", representan el **33% de los créditos a cursar**. A partir del 3er año, el grado de personalización es mucho mayor. Primero, debe elegir un track o "concentración" entre las siguientes opciones:

1. Supply Chain
2. Sistemas económico – financieros
3. Calidad y estadística
4. Investigación de operaciones
5. General

La concentración representa 18 Créditos (27 CrE). Cada concentración tiene tres materias "breadth" (amplias) que acercan a conocimientos básicos de las concentraciones NO elegidas, y tres materias "depth" (profundidad), que avanzan en la modelización y resolución de problemas específicos de la concentración elegida. Además de elegir la concentración, el alumno debe elegir "Selective electives en otras áreas"; por ejemplo, en el área Ciencias de la ingeniería, debe elegir 3 materias entre bioingeniería, termodinámica, mecánica de los fluidos, civil, machine learning, etc)

Entre la elección de la concentración y las "selective electives", durante los dos últimos años, decidirá sobre el 68% de los créditos que curse.

Este ciclo de 4 años, finaliza con un título de Bachelor en Ingeniería Industrial con una orientación determinada y por lo tanto una salida laboral más focalizada.

Los estudios pueden continuar con un Master, que puede ser en una especialidad del área o de otra completamente diferente; o también puede optarse por continuar los estudios con un doctorado.

6.1 La estructura del plan

La comparación del contenido del plan de estudios de Ingeniería Industrial de la UBA y del Bachelor of Science in Industrial Engineering, permite ver algunas semejanzas y diferencias.

Lo primero que se evidencia es la estructura cíclica de los planes y la duración de la carrera. Tanto en el caso del GaTech, como en las ingenierías de la comunidad Europea, se está tendiendo a títulos de ingeniería de 4 años, con salida laboral, que pueden continuarse o no con un master- en la misma área o en otra- que puede realizarse a continuación o después de varios años de actividad laboral. El hecho de que el master (o el phd) puedan referir a otra área del conocimiento, justifica en parte, el amplio carácter formativo de los dos primeros años de la cursada, que poseen una fuerte formación en ciencias sociales.

El plan de estudios de la FIUBA es, en contraposición, absolutamente vertical y orientado al perfil profesional específico; el estudiante es inmerso en un proceso de enculturación que comienza en primer año y finaliza con el título de ingeniero industrial, único y común para todos los estudiantes.

Al explicar estos tipos de estructuras, dijimos que esto generaba cierta tensión entre un profundo proceso de enculturación específica, típico de las estructuras verticales y una formación más amplia, con mayor amplitud de criterios y menor especialización. Veremos más adelante cómo el curriculum de la GaTech ha apostado a resolver esta tensión.

6.2 Carácter formativo del curriculum

Como describimos en el punto 4, hay una tendencia a pensar que la Universidad debe apuntar a la formación integral del estudiante; desarrollar actitudes, valores, capacidad de seguir aprendiendo durante toda la vida, resolver problemas y ser consciente de su responsabilidad social. Muchos de estos aspectos son difíciles de cuantificar porque no necesariamente se incorporan asignando créditos a determinado tipo de materias, sino que están más relacionados con actividades de extensión que quedan fuera del alcance de este análisis.

Sin embargo, algún indicio puede dar la formación en materias que no hacen específicamente al perfil profesional del graduado; que hemos agrupado en las materias de “humanidades, comunicación y ciencias de la salud”. Mientras que en la FIUBA representan 22 CrE (7,8% del total), en el GaTech representan 39 CrE (20,3% del total). Es de destacar el que ha sido a mi entender un paso importante; la obligatoriedad incorporada en el plan 2011, de cursar una materia “humanística” en una facultad del área “sociales” de la UBA.

6.3 Formación en cs básicas

Pareciera haber un consenso respecto a que los **contenidos formativos disciplinares generales de la Ingeniería Industrial**, se sustentan en una **profunda formación en ciencias básicas, presente en ambos planes** (Matemáticas, estadística, ciencias de la computación, física y en menor medida química). Para el Bachelor del GaTech representan 71 CrE (37% de los créditos totales) y para el ingeniero de la UBA 94 CrE (33% de los créditos totales). Dentro de esta área, es notable una mayor carga horaria en ciencias de la computación en el Gatech (14 CrE vs 4 CrE en FIUBA). En ambos planes estas materias se concentran en los dos primeros años.

6.4 La personalización del trayecto formativo

Superados los dos primeros años, los planes son completamente diferentes. Durante el segundo ciclo del bachelor del GaTech, de dos años, el estudiante personaliza su plan, decidiendo sobre el 68% de las materias que cursa. Por las condiciones que se ponen a esta elección, el resultado es que cursará en profundidad algunos contenidos formativos especializados propios de la Ingeniería Industrial, mientras que de otros tendrá una formación muy básica o nula. Es así que un Ingeniero del GaTech puede recibir su título de bachelor (e incluso continuar a un master) sin haber cursado nada de termodinámica, o mecánica de los fluidos o muy poco de química, pero ha elegido cursar una materia sobre Machine learning; Resolución de problemas con modelos matemáticos asistidos por computadora para científicos e ingenieros; Principios de Ing.biomédica; Mecánica de cuerpos deformables; Data and Visual Analytics; Sistemas digitales de diseño u otros temas que se encuentran en la frontera del conocimiento-

En contraposición, el curriculum de la FIUBA profundiza en todas áreas clásicas de la ingeniería Industrial y esto explica en parte la diferencia en los CrE totales de ambos planes (283 vs 194). Esta formación tan exhaustiva de la base, deja poco espacio para poder incorporar temas que están en la vanguardia del conocimiento del campo.

Si bien el perfil de egresado de Ingeniería Industrial de la FIUBA no está explicitado en el plan sino a través de los conocimientos teórico-prácticos con que se espera que egrese, una lectura completa de las habilidades que se pretende desarrollar y de los objetivos de la carrera, permite inferir que se busca una formación amplia y sistémica en las tres áreas disciplinares clásicas de la Ingeniería industrial: técnica, economía y gestión. Sobre todos estos temas, se plantea que el egresado debe poder “resolver problemas complejos y

multifacéticos" ; "determinar materiales, equipos y procesos " aplicando "la capacidad de crear modelos matemáticos, la utilización de herramientas informáticas y los conocimientos técnicos industriales".⁷

En este sentido, hay entonces una enorme diferencia conceptual en el armado de los planes; mientras que el de la FIUBA apunta a una formación clásica, disciplinar y básica (entendiendo básico como "base"); y entendiendo como "general" a la formación cuyo objetivo es permitir flexibilidad a lo largo de la carrera profesional; el GaTech apunta a una formación mucho más focalizada, personalizada y **tendiente a desarrollar capacidad operativa sobre temas específicos**, alentando especialmente los temas de vanguardia. Es decir que el estudiante no ve "todo" sino que ve sólo algunos temas, pero en profundidad. Esto también está explicitado en la descripción del plan de estudios del GaTech: "la posibilidad de elegir diferentes Traks, permite al estudiante especializarse y promocionarse en ciertas áreas aunque conservando una cobertura balanceada como Ingeniero Industrial". La posibilidad de formar en temas de vanguardia (y en muchos temas de vanguardia diferentes), está relacionada, en parte, con la forma en que investigación y docencia están integradas en la estructura de los departamentos en las universidades americanas.

Es así como resuelve el GaTech la tensión a la que nos referíamos antes, entre mantener una profunda formación en los conocimientos específicos del campo y poseer una formación más amplia y con mayor amplitud de criterios; da al estudiante la posibilidad de elegir sobre qué temas profundizar.

Reforzando lo anterior, se puede observar en los currículums que el estudio de los materiales, procesos y tecnologías de producción y las Ciencias básicas de la ingeniería que las sustentan (termodinámica, mecánica de los fluidos, etc) tienen un peso absolutamente diferente. Mientras que en la UBA a estos temas se les dedican 74 CrE obligatorios (26%), en el GaTech sólo 19 CrE obligatorios(9%), pudiendo el estudiante elegir qué temas estudiar.

Este grado de focalización y especialización tiene sentido en un contexto de plan donde el estudiante tienen una enorme decisión sobre el trayecto formativo. Es coherente también con mayor carácter formativo del plan del GaTech, que permite luego continuar los estudios de postgrado en áreas de conocimiento diferentes a las troncales.

7. Conclusiones

Las presentes conclusiones, pretenden identificar cuáles serían los desafíos que debería encarar una reforma estructural del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial de la FIUBA , si pretendiera adaptarse a las tendencias curriculares actuales, pero sin apartarse de la concepción de Ingeniero Industrial definida por el CONFEDI. Esto implicaría pensar un nuevo plan de enfrentando los siguientes desafíos:

- **Llevar la carrera a 5 años , incluido el CBC**
- **Carácter formativo del curriculum:** Sin duda, una de las fortalezas de la formación actual es la formación amplia y sistémica en las áreas que involucran la resolución de problemas de ingeniería: tecnología-economía y gestión. Sin embargo, es un desafío incorporar dentro de esta mirada aspectos sociales, psicológicos, políticos, macroeconómicos que apunten a fortalecer el carácter formativo de la carrera. Este mayor carácter formativo no necesariamente implica agregar materias ad-hoc, sino que puede construirse con actividades experienciales promovidas por una facultad abierta al entorno, que interactúa con los agentes sociales, políticos, empresariales de la comunidad a la que pertenece y al mundo.

⁷ Plan de estudios 2011 de Ing. Industrial, FIUBA .Extraído del perfil del Ingeniero Industrial: Habilidades a desarrollar

Como parte de esta estrategia, es necesario valorar académicamente la realización de experiencias formativas, actividades extracurriculares, prácticas profesionales e intercambios académicos.

- **Pensar el plan como dos ciclos, con un título intermedio.**

En carreras de alta deserción como la ingeniería de la UBA, donde la tasa de graduación es del orden del 14 % ⁸ (sin contar la deserción durante el CBC), la posibilidad de un título intermedio sería importante. Esto probablemente obligará a repensar el hecho de que todas las ciencias básicas y las tecnologías básicas estén concentradas en los tres primeros años. Las siguientes figuras representan la distribución de la carga horaria por tipo de materia en el plan actual (Figura1) y la alternativa que se propone evaluar (Figura 2) .

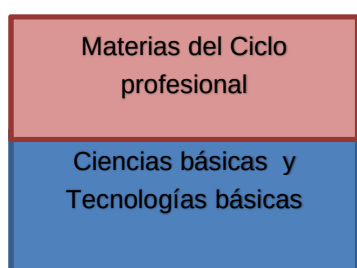


Figura 1: Estructura actual del plan

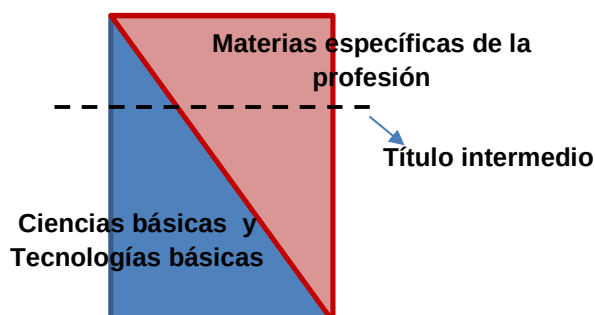


Figura 2: Estructura alternativa a analizar

Este cambio en la estructura debería mantener la profunda formación en ciencias básicas, que es una de las fortalezas de la carrera

- **Mayor personalización del trayecto:** En línea con la posibilidad de obtener un título intermedio, debería pensarse en otorgar al alumno mayor posibilidad de elegir sobre que temáticas avanzar en pos de la obtención de ese título intermedio.
- **Incorporar conocimientos de frontera con capacidad operativa.** Esto es particularmente significativo en las áreas de tecnología, donde la extensa formación en los temas de base condiciona el tiempo disponible para avanzar sobre temas de frontera. Por otro lado, en ciertos temas cabe preguntarse si no puede adquirirse capacidad operativa sin necesidad de dar con rigurosidad los temas de base que lo sustentan. Esto requiere de parte de los expertos e investigadores, un enorme esfuerzo en la transferencia del conocimiento; comenzando por preguntarse ¿qué necesita saber un Ingeniero Industrial para poder utilizar esta herramienta en la resolución de problemas propio de su especialidad? ¿hasta dónde necesita conocer los fundamentos de esta herramienta para poder tener criterio de cuándo y cómo utilizarla?
- **Incorporar herramientas de que permitan acceder al análisis de grandes volúmenes de datos asistidos por computadora.**

⁸ Fuente: Evolución de inscriptos y graduados entre 2000 y 2012 según los Anuarios de estadísticas Universitarias , del Ministerio de Educación de la Nación-

8. Referencias Bibliográficas

- [1] Feldman, D. (1999) "El currículum como proyecto formativo integrado" . *Seminario-Taller El Currículum Universitario – Universidad Nacional de General Sarmiento*, Buenos Aires, Argentina
- [2] Zabalza, Miguel Angel. (2003) "Currículum universitario innovador". *Jornada de formación de coordinadores. Universidad Politécnica de Valencia*. , Valencia , España
Publicación electrónica. En: <http://www.upv.es/europa/doc/Articulo%20Zabalza.pdf>
- [3] CONFEDI (2014) *Competencias en Ingeniería*. Argentina, 1, Universidad FASTA ediciones, Argentina
- [4] Clark, B. (1997). *Las universidades modernas: espacio de investigación y docencia*. México, 1, Miguel Ángel Porrúa, México
- [5] Oviedo Coronel, Andreza (2010) "Análisis del estudio comparativo de B.clarck de los modelos universitarios Alemán, Francés y Norteamericano y determinación de puntos de coincidencia y diferencia con la Universidad Nacional del Este." Instituto de Gestión y liderazgo universitario, Universidad Nacional del Este, México
- [6] Agencia Ejecutiva en el Ámbito Educativo, Audiovisual y Cultural (EACEA Eurydice)., (2011) *La Educación superior en Europa 2010: el impacto del proceso de Bologna*. Bruselas, 1, Estilo Estugraf Impresores, s.l., España.
En Internet (<http://www.eurydice.org> y <http://www.educacion.es/cide/eurydice>).
- [7] Agencia Ejecutiva en el Ámbito Educativo, Audiovisual y Cultural (EACEA Eurydice)., (2013) *El Espacio Europeo de Educación Superior en 2012: Informe sobre la implantación del Proceso de Bolonia*. Bruselas, 1, Solana e hijos, A.G., España . En Internet: <http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice>

9. Anexo : Comparación de créditos equivalentes entre Ingeniería Industrial FIUBA y el BSIE General concentration

		Ing.Industrial UBA		BS IE general concentration		
		Créditos UBA=créditos		Créditos Gatech	Créditos equivalentes	
Ciencias básicas	Matemáticas	34	12,01%	16	24	12,50%
	Probabilidad y estadística	12	4,24%	6	9	4,69%
	Física	26	9,19%	16	24	12,50%
	Química	18	6,36%			
	Informática	4	1,41%	9	14	7,03%
Humanidades	Humanidades, comunicación y ciencias de la salud	22	7,77%	26	39	20,31%
Ciencias de la ingeniería	Ciencias de la Ingeniería: (Termodinámica , Electrotecnia ;Mecánica de los Fluidos; etc)	34	12,01%	9	14	7,03%
Ciclo profesional	Tecnologías: (materiales y procesos, industrias, etc)	40	14,13%	3	5	2,34%
	Métodos Cuantitativos	14	4,95%	9	14	7,03%
	Organización y Administración de Empresas	33	11,66%	9	14	7,03%
	Economía	18	6,36%	10	15	7,81%
	Free electives	16	5,65%	11	17	8,59%
	Trabajo profesional	12	4,24%	4	6	3,13%
		283		128	194	

Ingeniería, revisión crítica al desarrollo de la disciplina y asomo de un nuevo horizonte en la práctica y enseñanza

Ing. Ramiro Vilariño

FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
Av. Paseo Colón 850 - PB - C1063ACV - Buenos Aires - Argentina
vilarinoramiro@gmail.com

RESUMEN

¿Qué enfoques subyacen en el hacer y enseñar Ingeniería? ¿Cuáles son los efectos de los proyectos de ingeniería sobre las comunidades? ¿Qué lugar ocupa la dimensión social de los proyectos de ingeniería? A través de este ensayo se intenta dilucidar los supuestos que están presentes en el hacer y enseñar ingeniería, a través de una revisión epistemológica e histórica de la disciplina.

Es de esperar que tanto en el entendimiento como el progreso de la ciencia y de la ingeniería, como objeto de análisis, estén atravesados por principios axiomáticos determinados por cada período histórico con sus respectivos climas sociales y económicos. En una segunda sección, se realiza un revisionismo histórico del desarrollo de la práctica profesional de cada época.

A esta altura, puede considerarse a la ingeniería en tanto producto de la sociedad y de la manera en que esta concibe su vida y como se desarrollan las relaciones entre sus sectores. Surgen entonces una serie de interrogantes ¿a qué intereses sectoriales respondió la ingeniería? ¿de qué manera los ingenieros percibían y afectaban a las comunidades que estaban atravesadas por los proyectos? ¿pudo la ingeniería, en sus orígenes, problematizar su impacto sobre la sociedad? En la última sección se intenta dar respuesta a estos interrogantes.

Por último, si la ingeniería trascendió la pregunta pragmática sobre el objeto, el entendimiento empírico de “cómo funciona”, y la pregunta científica: “por qué funciona”, es un buen momento para hacer frente a la realidad de la época actual: es tiempo de sumar una nueva pregunta, que se interroga por los fines ¿para qué y para quién funciona y cuáles son sus consecuencias?. En este ensayo se realiza una primera aproximación a un enfoque reformador que habilite una nueva enseñanza y consecuentemente el asomo de otra práctica en la ingeniería.

Palabras clave: ingeniería, comunidad, desarrollo local.

ABSTRACT

What approaches does practicing and teaching engineering underlie? What are the effects of engineering projects on communities? What place does the social dimension of engineering projects have? The aim of this essay is to elucidate the assumptions in the practice and teaching of engineering, through an epistemological and historical revision of this discipline.

Both the understanding and the progress of science and engineering as an object of analysis, are expected to be traversed by axiomatic principles determined by each historical period with their respective social and economic environments. In a second section, a historical revisionism of the professional practice development of each era is detailed.

At this point, engineering can be considered as a product of society and the way in which life is conceived, and how the relationships between its sectors are developed. Therefore, many questions arise: To which sectorial interests did the engineering reacted to? In which way did the engineers perceive and affect the communities that were traversed by the projects? Could engineering, in its

origins, problematize its impact on society? In the last section of the essay, this questions are attempted to be answered.

Finally, if engineering transcended the pragmatic question about the object, the empirical understanding of "how it works", and the scientific question: "why does it work"; it is a good time to face the reality of the present age. It is time to introduce a new question, related to its purposes: What and whom does it work for and what are its consequences? This essay introduces a reforming approach that enables a new method of teaching and, consequently, the conception of another practice in engineering.

Key words: engineering, community, local development.

1. INTRODUCCIÓN

El campo de estudio de la ingeniería es complejo y muy diverso. Adentrarse en estas redes para desentrañar la evolución y el entendimiento del objeto de análisis, exige en primera instancia poner en común las distintas interpretaciones epistemológicas referidas a la ingeniería.

En este sentido, una primera pregunta relevante se nos asoma ¿es la ingeniería una ciencia? Las relaciones entre Ciencia e Ingeniería parecerían obvias. La tradición muestra que ha habido una relación estrecha generado por la curiosidad mutua, visible desde la antigüedad.

Podemos interpretar la ingeniería, en una primera aproximación, como una ciencia al considerarla ciencia aplicada, es decir, es la ciencia en acción. Sin embargo, esta definición amerita una revisión profunda en distintas dimensiones: principalmente metodología y finalidad.

Por sus métodos, porque existe una metodología ingenieril que es heurística. El Ingeniero se desenvuelve en el ámbito de lo concreto, donde el conocimiento es el medio por el cual se plasmaran sus juicios con el fin de resolver determinados problemas. En contraposición, en las ciencias se emplea el método científico, mediante el cual el conocimiento es un fin en sí; no en vano pretenden, los científicos, describir cómo son las cosas para alcanzar el mejor conocimiento posible de ellas.

Por sus objetivos, ya que la ingeniería tiene como propósito resolver problemas mediante algún artefacto, acción o plan. Mientras el ingeniero se concentra en formular, ejecutar y evaluar proyectos – en acciones prácticas–, la ciencia lo hace en el método –en acciones formales–, por el cual se intentan alcanzar “leyes” que den cuenta de las realidades del mundo natural o social.

Por lo anterior, es posible inferir que la ingeniería debe emerger como un modo de conocimiento diferente por sus objetivos y métodos, aunque con similitudes ontológicas con la ciencia [1].

Siendo el telos del ingeniero utilitario, una segunda pregunta se nos aparece: ¿acaso no existe una racionalidad, desde los primeros pasos de la humanidad, que le ha permitido sortear los distintos problemas con se suscitaron a lo largo de la historia? ¿qué relación tiene ésta con la ingeniería? En este sentido, podríamos inferir que la ingeniería estuvo presente desde el cosmos mismo del acto racional.

De hecho, fue la “necesidad” –los instintos de supervivencia de las distintas épocas– el factor que formó a los primeros “ingenieros”. Por tanto, el entendimiento de los supuestos que subyacen en la práctica y enseñanza de la ingeniería, nos obliga comprender los problemas con los cuales la humanidad se ha encontrado a lo largo de su existencia. En una primera hipótesis, es de esperar que, tanto en el entendimiento como el progreso de la ciencia y de la ingeniería, como objeto de análisis, estén atravesados por principios axiomáticos determinados por cada período histórico con sus respectivos climas sociales y económicos, así como también presiones que han influido gradualmente en el quehacer de la ciencia.

Intentaremos a continuación entender el desarrollo de la práctica profesional a través de las demandas sociales que se suscitaban en cada época.

2. DESARROLLO HISTÓRICO DE LA INGENIERÍA

Ingenium, en latín, se descompone en “in” (en) y “genium” (engendrar, es decir hacer gente). Existen diversas acepciones para esta descomposición: por un lado, distintos autores hacen mención al carácter innato, los rasgos psíquicos que han sido engendrados en el interior de uno: el talento. Por el otro, las acepciones más aceptadas tienen que ver justamente con los usos que tuvo la ingeniería en su primer desarrollo. Aproximadamente en 200 d. de J.C., se inventó un ariete llamado “ingenium” para atacar las murallas. Muchos años después se llamó al operador del ingenium, “ingeniator”, que muchos historiadores creen que fue el origen de la palabra ingeniero. De modo que el ingeniero, no sólo era el maquinista sino también el que era capaz de diseñarlo, construirlo y operarlo. Ingenium posteriormente fue apropiado por la lengua anglosajona como Engine, cuya traducción al español significa “máquina”. Como vemos pues, el desarrollo del ingeniero en un principio estuvo asociado a funciones militares, sin embargo puede decirse que la ingeniería también estuvo presente en otros descubrimientos incluso anteriores a estos.

Recordemos, la ingeniería no genera leyes ni teorías sino que, en el mejor de los casos, guías de buenas prácticas acotadas a la resolución de problemas específicos. Bajo esta premisa, se puede afirmar que existieron ingenieros/as en todo momento histórico-cultural de la humanidad. Puede desprenderse entonces que los primeros pasos de la ingeniería -la ciencia en acción- fue utilizada para satisfacer una necesidad básica de supervivencia.

Entendida de este modo, todas las acciones fundamentales para el desarrollo humano estuvieron enmarcadas por la ingeniería: la construcción de los primeros artefactos de piedra implicó la solución de problemas de diseño y la construcción de modelos mentales que se plasmaron en acciones sobre las piedras; la domesticación de plantas y animales que llevó a la agricultura implicó un amplio y sostenido proyecto de ingeniería genética; la necesidad de reforzar la organización social y de buscar mecanismos para grabar en la memoria de la gente los principios políticos y sociales de cada comunidad, llevaron a la construcción de montículos de tierra y piedra, a la elaboración de complejos planos de plazas, plataformas y edificios que condujeron a las ciudades; la búsqueda del bienestar general sigue implicando acciones de ingeniería que obligan a la redefinición de las relaciones sociales o que son motivadas por ellas. En síntesis, desde hace miles de años los seres humanos practicamos ingeniería mediante un conjunto de acciones que nos permiten adaptar nuestra vida a la naturaleza, de la que somos parte [2].

¿Puede atribuirse exclusivamente a la ingeniería la construcción de los 29.000Kms de carreteras que tenían los romanos, como así también la invención del alumbrado público en la ciudad de Antioquía, aproximadamente hacia el año 3~0 d. de J.C? ¿Y los 2.240 Km de la Gran Muralla de China, los 320.000kms de longitud del sistema de irrigación chino, el desarrollo del procedimiento para la construcción de papel en 105 d. de J.C, la fabricación de la brújula y los anteojos cerca del 1.200 d. de J.C., por enumerar muy escuetamente los grandes inventos de la humanidad? No de manera formal, pero no quedan dudas, la ingeniería, tuvo una importante participación en este tipo de inventos.

Cabe preguntarse ¿cuándo empieza a formalizarse la práctica profesional? Quizás una primera conceptualización de la ingeniería se da en la República de Venecia a partir de la primera ley de patentes establecida en 1474. Fue el primer intento por estimular las invenciones al proteger la comercialización de las mismas.

No obstante, la primer aparición formal la dio Jean Baptiste Colbert estableciendo la primera escuela de ingeniería en 1675: el Corps du Génie, eran ingenieros militares. Hacia mediados de 1691 se crea un cuerpo de Ingenieros Reales quienes se constituyen en dominio de privilegio para los franceses. La fortificación, la hidráulica y la cartografía fueron las especialidades con mayor desarrollo. Sobre el modelo de Ingeniería Militar, Francia se proveyó de cuerpos de Ingenieros del Estado, como el cuerpo de Puentes y Caminos fundado en 1716, o el cuerpo de Minas organizado a partir de 1751. Las Escuelas Francesas establecieron las funciones de los Ingenieros del Estado a partir de 1747 para Caminos y de 1783 para Minas [3].

Podría concluirse erróneamente que el desarrollo formal de la ingeniería únicamente se dio en el campo militar. No obstante, cabe señalar que en Inglaterra el desarrollo de la práctica profesional parece haberse alejado de esta premisa.

Fruto del desarrollo de una máquina de vapor más eficiente energéticamente, se produce una reorganización de las sociedades con importantes cambios en la agricultura y demografía. El desarrollo de máquinas más complejas (en 1758 aparece en Inglaterra la primera trilladora desgranadora), introdujeron nuevas metodologías en el cultivo. Desde 1751 hasta 1851 la población en Inglaterra se triplicó, pasando de 5 millones a 17,9 millones de habitantes, principalmente en las grandes urbes.

Por ende, se empieza a desarrollar una vida urbana que transformó la lucha con la naturaleza por la supervivencia en una lucha entre seres humanos por la ganancia. La economía monetaria domina la metrópoli, desplazando la producción doméstica y el trueque directo de productos [4].

Es por ello que los principales impactos de la Revolución Industrial estuvieron fuertemente relacionados con transformaciones I) políticas, apareciendo en escena el liberalismo; II) sociales, en tanto aparecieron reestructuraciones sociales con el acceso de una gran masa demográfica a las fábricas y la concentración y hegemonía de la burguesía en grandes industrias; III) culturales: el urbanita comienza a configurar un tipo de personalidad moderno, capitalista, indiferente y reservado; un tipo de personalidad caracterizado por la intensificación de los estímulos nerviosos [5]. Cabe destacar, estos cambios fue fuertemente acompañado con una doctrina social de la Iglesia Católica que fue la bandera con la cual se sucedieron trascendentales cambios culturales -particularmente en sociedades no europeas-.

Esta nueva sociedad industrial concentrada en incipientes ciudades, como comunidades de considerable magnitud y de elevada densidad, requiere de tres dimensiones para avanzar en la revolución industrial [6]:

- ✓ avance tecnológico: la revisión fundamental del método científico y la revolución de las ciencias constituyó la base para la revolución industrial y por ende, para la ciudad industrial.
- ✓ tipo especial de organización social: que permita la construcción a gran escala de la ciudad y de la producción de alimento. Determinada por una elite gobernante (con suficiente poder político para captar el excedente de producción de alimentos) y especialistas profesionales que respondan a la clase dominante gobernante, como así también una gran masa de obreros y campesinos.
- ✓ tipo especial de organización política: a medida que las ciudades fueron creciendo y diversificando tareas, se crean potenciales militares y expanden sus fronteras formando imperios. Los imperios son eficaces diseminadores de la vida urbana.

Es por lo anteriormente señalado que, como consecuencia de un desarrollo de carácter no estatal, es decir civil, y en correspondencia –u oposición– con un modelo educativo francés de Ingenieros Militares, los ingleses deciden crear la Ingeniería Civil como apoyo a todo este adelanto [7]. En 1771 un pequeño grupo de ingenieros, a los cuales frecuentemente se los convocaban a dar testimonio sobre proyectos de puertos y canales, formó la Sociedad de Ingenieros Civiles. John Smeaton, director del grupo, fue el primero en darse el título de ingeniero “civil” para señalar que su incumbencia no era militar. Posteriormente, esta Sociedad de Ingenieros se constituyó en la Institution of Civil Engineering en 1828.

Curiosamente, en 1795 fueron los franceses con Napoleón al mando quienes autorizaron el establecimiento de la fcole Poly-technique, que fue la primera de este tipo de escuelas que aparecieron en Europa.

La ingeniería formal, que hasta entonces fue cívico-militar, empezaba un camino hacia la especialización en lo “civil”, proliferándose con la creación de otras instituciones, tales como el Eidgenos-sisches Polytechnicum en Zurich en 1855, las escuelas politécnicas en Delft en 1864, y otras en Chemnitz, Turín y Karlsruhe. En 1865 se fundó el Massachusetts Institute of Technology, el primero de su tipo en los Estados Unidos.

Incrementando con ella la actividad minera y haciendo posible el uso de la máquina de vapor lejos de las minas, así como el reemplazo de los molinos y ruedas hidráulicas como fuente energética. La invención de los procesos de fundido del mineral de hierro para producir acero permitió construir puentes de acero, máquinas-herramienta, telares y otros artefactos, obligando a que se estructuraran de manera autónoma, en el curso de la mitad del siglo XIX en Inglaterra, las Ingenierías Mecánica y Metalúrgica [8].

Casi en simultáneo, tras la invención de los generadores, transformadores (Faraday 1791-1867) y de los motores eléctricos (Henry 1797-1878), se dio pie a la constitución de la Ingeniería Eléctrica. Y posteriormente, los avances acaecidos en la Química durante la segunda mitad del siglo XIX daría origen posteriormente a la Ingeniería Química en Estados Unidos [9].

En septiembre de 1850 apareció por primera vez, en España, el título de Ingeniero Industrial, - en el Real Decreto del 4 de Septiembre de 1850-, promulgado por el Ministro de Comercio y Obras Públicas. Con éste, se crearon las Escuelas Industriales de Sevilla, Barcelona y Vergara. En 1880 se fundó la American Society of Mechanical Engineers, seguida de la American Society of Electrical Engineers en 1884 y el American Institute of Chemical Engineers en 1908. El American Institute of Industrial Engineers se fundó en 1948.

3. INGENIERÍA Y COMUNIDAD

Como se ha detallado, la formalización de la ingeniería –y por ende , la práctica y la enseñanza de la disciplina– estuvo traccionada por las necesidades ligadas al desarrollo de los países modernos. Puede, en consecuencia, considerarse a la ingeniería, en tanto producto de la sociedad y de la manera en que esta concibe su vida y como se desarrollan las relaciones entre sus sectores [10]. En ese marco, surgen una serie de interrogantes ¿a qué intereses sectoriales respondió la ingeniería? ¿de qué manera los ingenieros percibían y afectaban a las comunidades que estaban atravesadas por los proyectos? ¿pudo la ingeniería, en sus orígenes, problematizar su impacto sobre la sociedad? ¿qué lugar ocupaban las comunidades en el diseño de los proyectos?

Hace mucho que se realizó el divorcio entre los dos campos del saber, las especialidades humanísticas y las especialidades técnicas. La división entre los saberes se consumó en el siglo XIX. En sus comienzos institucionales la formación estaba fundamentalmente guiada por la pregunta pragmática sobre el objeto, en conocer empíricamente el “cómo funciona” (“know how”). Luego, bajo la influencia positivista de comienzos del siglo XX, se sumó a la anterior, y cada vez con más peso, la pregunta científica: “por qué funciona” (“know what”).

Luego, durante los últimos 50 años, heredamos de la escuela americana la ruptura absoluta entre el mundo del conocimiento científico y tecnológico y el mundo del saber “blando” [11]. Veremos que lo anterior tiene su aseasono en el desenvolvimiento de la práctica profesional de la ingeniería a los largo de la historia.

Considerando que las ingenierías se formalizaron en simultáneo con la consolidación de imperios, en la mayoría de los casos, las comunidades se convirtieron en fuentes de trabajo forzado para extraer recursos naturales necesarios para la construcción de proyectos imperiales. Por defecto, los ingenieros que trabajaban para los imperios se involucraban en la reorganización política de poblaciones originarias y sus comunidades mediante la realización de encuestas y cartografía de las colonias, construcción de caminos y puentes que conectaran a una ciudad con el país entero, y de puertos que facilitarían la extracción de riqueza desde las colonias y hacia el imperio [12].

En consecuencia, en un principio la relación entre ingenieros y comunidades nace por el interés político y económico de los imperios sobre las colonias, y posteriormente por la voluntad de desarrollo de las elites gobernantes de los incipientes estados nacionales. Asimismo, no puede obviarse el origen socioeconómico y étnico de los ingenieros de aquellas época, constituyéndose en una profesión fuertemente selectiva en género y clase. Puede oportunamente concluirse que existió, en un principio, una relación de explotación entre comunidad e ingeniería.

Sin embargo en la medida que las repúblicas independientes comenzaron a surgir en la escena mundial, tal como ocurrió por primera vez en el continente americano a finales de los siglos XVIII y XIX, los ingenieros de estas nuevas naciones se preocuparon por la cartografía del territorio y los recursos naturales de los países recientemente soberanos y la construcción de infraestructuras nacionales. Los ingenieros nacidos y, en algunos casos, educados en las antiguas colonias, adoptaron las identidades nacionales y se preocuparon por el desarrollo de estos nuevos países. A través de construcción de infraestructuras, principalmente carreteras, puentes, ferrocarriles, canales y puertos, los ingenieros ayudaron a conectar poblaciones diversas y alejadas entre sí, transformándolas en un todo nacional e integrando su capacidad de producción para los mercados nacionales e internacionales. Con estos desarrollos, comenzaron a surgir nuevas escuelas de ingeniería.

Inmediatamente después de la consumación de la independencia de 1821, los ingenieros del Colegio Nacional de Minería de México empezaron a cartografiar su territorio y a construir una infraestructura civil que serviría al país recientemente independizado. [13]. En 1847 y con los mismos objetivos en mente, los ingenieros del por entonces recientemente creado Colegio Militar de Colombia desarrollaron el primer sistema nacional de carreteras y construyeron el edificio del Capitolio Nacional [14]. Inmediatamente después de la creación de la República de Brasil (1889), los ingenieros militares de la Escola Politécnica de Rio conectaron el interior de la Amazonia brasileña con el resto del país a través de una extensa red de telégrafos [15].

La historia en Argentina, es análoga a la desarrollada en la región. Se reconoce una evolución histórica en tres períodos fundamentales [16].

✓ El primero de ellos se ubica en la conquista española en el Siglo XVI y llega a la mitad del XIX. En 1702 llegó al Río de la Plata el primer graduado en el campo de la ingeniería para completar las obras del fuerte de Buenos Aires. En 1809 por iniciativa de Manuel Belgrano, se crearon escuelas de dibujo y náutica. En 1826, se fundó el primer departamento topográfico. En 1828, se creó en la ciudad de Buenos Aires la primera sociedad de ingenieros. En 1865, el Poder Ejecutivo decreta la creación del Departamento de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires en la cual se dictaba la carrera de ingeniería. En 1895, sesenta y ocho ingenieros fundan el Centro Nacional de Ingenieros, posteriormente devenido en Centro Argentino de Ingenieros.

✓ El segundo período, que se inicia en la mitad del Siglo XIX, se puede comprender mediante las distintas obras públicas realizadas, tales como la construcción de obras sanitarias, ferrocarriles, institutos geográficos militares, yacimientos petrolíferos fiscales, entre otras.

✓ Durante el último lapso, hacia 1940 aparece la organización de las grandes obras públicas de infraestructura en energía, en comunicaciones, en transporte y también surge la conciencia profesional y la consolidación y ampliación de las actividades de los centros de ingenieros, consejos profesionales, luego colegios, caja de previsión social, todas vinculadas a nuestra profesión, como así también la cámara de consultores y empresariales.

Como vemos, los avances en materia de ingeniería en la época estuvieron fuertemente relacionados con los problemas sociales de entonces: en primera instancia, por la conformación de una colonia y, posteriormente, un estado nacional con su respectiva expansión territorial. En este lapso histórico, se produjeron avances en la geodesia y cartografía principalmente para documentar la ocupación efectiva del territorio (con su consecuente desplazamiento de los pueblos originarios). Posteriormente, con la consolidación del estado nacional, la ingeniería quedó a merced del fortalecimiento de una industria local y la unificación territorial, mejorando la comunicación y el transporte.

Con frecuencia, se invitaba a ingenieros extranjeros para trabajar junto a los ingenieros de los países recientemente independizados cuando estos no contaban con capital, experiencia interna o maquinaria para construir proyectos de infraestructura.

Sin embargo, ni los ingenieros locales ni los extranjeros concibieron estos proyectos teniendo en cuenta la sostenibilidad del medio ambiente o el desarrollo de la comunidad tal como entendemos hoy en día esos términos. Por el contrario, en consonancia con los valores de entonces, la naturaleza y la comunidad debían ser controladas y explotadas para la construcción de la nación.

Influenciados por un clima de época basada en el spencerismo y el positivismo, los ingenieros y las comunidades a menudo se encontraban enfrentadas. Casi siempre, los ingenieros –y otras profesiones- querían dirigir socialmente a las comunidades con la finalidad de establecer el orden y generar “progreso” nacional, por ejemplo reubicando a sus integrantes o conectándolos de manera diferente a otras partes del país.

No obstante, esta tendencia pareciera empezar a cambiar para la segunda mitad del siglo XX, principalmente después de la Segunda Guerra Mundial, pues surgió un nuevo espacio de participación para la ingeniería: el desarrollo internacional.

El día 20 de enero de 1949, Henry Truman, presidente de EEUU, anunció al mundo su política de “trato justo”: según ésta, su país estaba llamado para resolver los problemas de las “áreas subdesarrolladas” del globo. El propósito era reproducir en el resto del orbe terrestre los rasgos característicos de las sociedades “avanzadas”, la adopción de valores culturales “modernos”. Expertos de Naciones Unidas fueron congregados para discutir el desarrollo económico de los países en vías

de desarrollo, ya que era preciso transformar de manera drástica dos terceras partes de la economía del mundo.

Gobiernos o instituciones diseñaron y ejecutaron ambiciosos planes y proyectos de desarrollo. Las élites políticas y tecnócratas en muchos de estos países “en desarrollo” esperaban poder unirse a las grandes potencias en esta etapa moderna del capitalismo de consumo (EE.UU.) o del socialismo industrializado (URSS) [17].

Esto se institucionalizó rápidamente de diferentes maneras. La cooperación técnica internacional fue iniciada por las Naciones Unidas, a través de la División de Administración Pública (DAP) después conocida como División de Administración para el Desarrollo (DAD) y el Gobierno de Estados Unidos, primero a través de Administración de Cooperación Internacional (ICA) y después a través de la Agencia para el Desarrollo Internacional del Gobierno de los Estados Unidos (USAID). Las Fundaciones Ford y Rockefeller y la Organización de Estados Americanos (OEA) también estaban comprometidas en este esfuerzo. Los gobiernos de Francia y Gran Bretaña proveyeron cooperación técnica en administración pública a sus colonias originales, pero también a países latinoamericanos. El Banco Mundial inició un esfuerzo sistemático en este campo en 1980, y el Banco Interamericano de Desarrollo cooperó en este emprendimiento. En 1988, el PNUD estableció el Programa de Gerencia para el Desarrollo (Management Development Programme-MDP). En los ochentas la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) inició un importante programa en el campo de la administración pública principalmente en América Latina. Asimismo aparecieron planes específicos de la posguerra: El Plan Marshall en Europa y la Alianza para el Progreso en América Latina.

Se empieza entonces un camino hacia la “modernización”. ¿Qué principios componen este pensamiento? En un principio, hablar de modernización implica pensar en al menos dos categorías: sociedades no modernas o tradicionales y sociedades modernas. Una inferencia inmediata tiene que ver con la valoración que tienen estas categorías, es decir ¿son igual de deseables? ¿toda sociedad tradicional quiere ser moderna? No podríamos responder con certeza esta pregunta, aunque los supuestos que estuvieron y están ocultos en la modernización confirman este interrogante.

La modernización entiende a las sociedades humanas como un patrón de evolución que va de lo tradicional a lo moderno. Las sociedades son capaces de alcanzar etapas superiores de desarrollo si cambian sus sistemas económicos y políticos de producción y participación. En esta línea, cuanto más consumen y producen las sociedades, más modernas se vuelven. Las comunidades locales tienen que estar convencidas, ser transformadas y forzadas a unirse al camino de la modernización para abandonar sus economías de subsistencia, aumentar la extracción de recursos naturales y la capacidad de fabricación para alcanzar, finalmente, una etapa de consumo de gran escala. Y efectivamente, los ingenieros de países en vías de desarrollo participaron con entusiasmo en esta empresa. Era posible correr a las sociedades tradicionales de su actual estado de “atraso” y lanzarlas desde una etapa de “despegue” mediante la implementación de grandes proyectos de desarrollo. Por ejemplo, la represa de Asuán en Egipto, la Revolución Verde en el sureste de Asia, la represa de Itaipú en Brasil, así como también se realizaron numerosas fábricas de acero e incontables proyectos de urbanización.

Al mismo tiempo, los tecnócratas, al igual que muchos ingenieros, veían a la naturaleza como un recurso nacional que debía explotarse en nombre de la modernización. La naturaleza se debería organizar, planificar y, generalmente, redistribuir de manera eficiente para ayudar a que los países se muevan de etapas de modernización inferiores a etapas superiores. Nuevamente, en el marco de esta ideología, los ingenieros, las comunidades y la naturaleza se entrelazan en forma problemática. Directa o indirectamente, ya sea como tecnócratas que trabajan en departamentos de planificación, constructores de la infraestructura o ingenieros, todos han tratado de cambiar las formas tradicionales de las comunidades y de controlar la naturaleza para que sus países pudieran progresar en el camino hacia la modernización y el desarrollo.

A partir de los 70, aparecen nuevas tendencias que, si bien no desplazan a las anteriores, hicieron hincapié en el desarrollo de tecnologías que fueran simples y económicas para realizar tareas de construcción, operación y mantenimiento, y así poder implementarlas en los pueblos humildes o más vulnerados, alrededor del mundo [18]. En lugar de repartir la ayuda en grandes paquetes, o construir proyectos de infraestructura monumentales, los ingenieros de estas nuevas escuelas creían que la llave de acceso a la transferencia de la tecnología estaba en la difusión de la información técnica para ayudar a los habitantes de los pueblos a desarrollar experiencia técnica [19]. La educación en

ingeniería ignoró, en gran parte, a estos acontecimientos marginales por la transferencia de tecnología o la ingeniería humanitaria apropiadas. La mayor parte de las iniciativas educativas en ingeniería apuntaban a hacer que la ingeniería fuera más “técnica”, incluyendo un criterio de acreditación en su sitio para los programas de ingeniería desde los sesenta.

Tanto en los medios de comunicación populares y científicos, la ciencia y la ingeniería fueron glorificadas por sus logros y cuestionadas por su falta de relevancia para resolver problemas domésticos [20]. Los esfuerzos por hacer que la ciencia y la ingeniería sean importantes para la sociedad han presionado a las compañías y a los organismos gubernamentales a encontrar maneras de aplicar tecnologías militares, tal como el acceso a los sistemas [21] y las investigaciones y evoluciones académicas a los problemas sociales, como la erradicación de la pobreza y la renovación urbana [22].

En el escenario internacional, las Naciones Unidas y otras organizaciones internacionales cambiaron su enfoque del desarrollo hacia el cumplimiento de las necesidades básicas y la erradicación de la pobreza. Al centrarse en las necesidades básicas, los teócratas del desarrollo, incluyendo los ingenieros, veían a las comunidades estrictamente desde sus deficiencias (agua, comida, refugio) en lugar de valorarlas por sus recursos, capacidades y diversidad cultural.

Esta enfoque sobre las necesidades básicas, es contemporáneo con el crecimiento de las economías neoliberales en la mayor parte del mundo que asimismo trajo una transformación del desarrollo internacional, en donde la mayoría de los programas sociales de salud, educación y empleo deberían ser reducidos significativamente, eliminados o transferidos a un sector privado.

Como las sociedades y los educadores de la ingeniería comenzaron a preocuparse por mejorar la competitividad económica de sus naciones, el breve impulso por lo apropiado y el impacto socioambiental de la tecnología que se logró durante los setenta se perdió por las realidades geopolíticas e ideológicas de los ochenta.

Irónicamente, estos intereses sobre la competitividad económica condujeron al aumento de la enseñanza del diseño de ingeniería en los noventa. Los cursos de diseño se legitimaron por primera vez como la lucha contra los planes de estudio de ingeniería excesivamente técnicos, que producían ingenieros inflexibles incapaces de competir en un mercado global [23]. Como se esperaba, los modelos y las prácticas de diseño que surgieron eran para la industria y no para el desarrollo de la comunidad.

El desarrollo sostenible fue una tendencia que se desplegó principalmente fuera de los fracasos de las estrategias de desarrollo de los años 1970 y 1980. Uno de los eventos clave en esta historia fue la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medioambiente y desarrollo en Río de Janeiro, 1992 (también conocida como Cumbre de la Tierra), de la cual surgió la Declaración de Río.

A pesar de ello, el desarrollo sustentable no proporcionó la demanda de mercado que hubiera justificado la inversión en nuevas tecnologías que lo respalden. Por el contrario, la competitividad económica claramente desafió a los ingenieros a desarrollar tecnologías para el creciente mercado internacional.

Después de muchos años de fracasos en la formulación y aparición del desarrollo sustentable en los años noventa, algunos ingenieros y trabajadores del desarrollo, e incluso los burócratas, han comenzado a reconocer la necesidad de involucrar a las comunidades de una manera más incluyente y participativa.

Desde principios de los años noventa, las actividades de ingeniería relacionadas con la asistencia humanitaria y el desarrollo de la comunidad han proliferado considerablemente. Incentivados por la intervención de otras profesiones de socorro humanitario, nucleados en organizaciones tales como Médicos sin fronteras (1971), Reporteros sin fronteras (1985), y Abogados sin fronteras (2000), una nueva ola de ingenieros asumieron el desafío, y de manera independiente, organizaron una serie de asociaciones bajo alguna forma del nombre «Ingenieros sin fronteras»: La francesa Ingénieurs Sans Frontières (finales de 1980), la española Ingeniería sin fronteras (1991), la canadiense Engineers Without Borders (2000), la Belga Ingénieurs Assistance Internationale (2002), y otras. En 2003, estas asociaciones organizaron «Ingenieros sin fronteras internacional» como una red para promover «la ingeniería humanitaria para un mundo mejor», constituida en la actualidad por más de 41

organizaciones nacionales. En Argentina, la organización Ingeniería Sin Fronteras Argentina se desarrolló a partir de 2012.

Si la ingeniería trascendió la pregunta pragmática sobre el objeto, es decir, el entendimiento empírico de “cómo funciona” (“know how”), y la pregunta científica: “por qué funciona” (“know what”). Creo es un buen momento para hacer frente a la realidad de la época actual, es tiempo de sumar una tercera, la pregunta contextual, que se interroga por los fines: “para qué y para quién funciona y cuáles son sus consecuencias” (“know why”) [24].

4. INGENIERÍA Y DESARROLLO LOCAL

A lo largo del artículo, he mencionado y relacionado en reiteradas oportunidades dos conceptos: ingeniería y desarrollo. Sin embargo, poco me he referido al entendimiento del concepto “desarrollo”, que paradójicamente puede prestarse numerosas y muy disímiles interpretaciones.

Como hemos visto, en un principio este concepto fue ampliamente usado para referirse a las comunidades no desarrolladas –las tradicionales– de las comunidades desarrolladas –las modernas–. La modernización y el entendimiento de una “evolución cultural” definieron el desarrollo, y con ello lo que está bien y lo que está mal. Este discurso posibilitó la intervención de países “desarrollados” en los países en “vías de desarrollo”, en un principio desde la coerción física-cultural, y posteriormente a través de la coerción económica. Pero acaso, si el desarrollo se focaliza sobre los países y/o las culturas ¿qué lugar ocupa el individuo? ¿no existe una voluntad individual a ser (o no ser) desarrollado?

Por lo anterior, es sin duda necesario re-conceptualizar la noción de desarrollo, reorientándolo hacia el desarrollo humano. El desarrollo humano se refiere a todas las actividades, desde procesos de producción hasta cambios institucionales y diálogos sobre políticas. Es el desarrollo enfocado en las personas y en su bienestar. Este enfoque pone en valor tanto las necesidades básicas como el espectro de las aspiraciones humanas. El desarrollo humano, como concepto, es amplio e integral. Pero está guiado por una idea sencilla: las personas siempre son lo primero [25].

Esta perspectiva del desarrollo que trasciende lo meramente económico y se centra en las personas, se generó partir de mediados de la década de 1960 al reconocer que los resultados obtenidos por intervenciones impuestas “desde arriba” y basadas en inyecciones masivas de capital y tecnología fueron pobres [26].

Dicho esto, es posible ahora sí retomar la relación entre ingeniería y desarrollo humano. Como hemos visto, la relación entre ambos comenzó a tomar forma en el siglo XIX, en donde el trabajo de la disciplina ingenieril con las comunidades locales ha sido, en el mejor de los casos, problemática. En la mayor parte de esta historia, los ingenieros se han guiado principalmente por compromisos verticalistas de diseño, desarrollo y ejecución de proyectos realizados sin consulta previa con las comunidades. Esta actitud hacia las comunidades locales se ha perpetuado y reforzado primero por el colonialismo, luego por las ideologías del positivismo y la modernización y, más recientemente, por el deseo de ayudar [27]. Al reconocer este problema, los científicos sociales y profesionales del desarrollo han defendido las prácticas participativas desde la década de los ochenta para incluir e involucrar a las comunidades en la participación significativa y en la asociación igualitaria en lugar de la receptividad pasiva del desarrollo [28].

¿Y por qué es importante la participación? Como hemos visto, el diseño de estas acciones se encuentra condicionado no sólo por factores técnicos internos sino también por factores sociales y culturales externos. Esto implica que el diseño es un proceso social en el que todos los actores negocian para llegar a un consenso que les permita alcanzar los objetivos deseados. Este proceso es, a su vez, un modo de actuar y pensar centrado en el objeto y que está lleno de incertidumbres y ambigüedades ya que cada participante (o grupo de participantes) entiende el funcionamiento del objeto en función de su propia visión [29]. Algunos se han atrevido a afirmar que el desarrollo sustentable es inalcanzable sin la participación y el empoderamiento de las comunidades locales [30].

Bajo esta premisa, se entienden a los diseñadores como sujetos que estarán fuertemente condicionados tanto por el entorno de trabajo como por el uso del objeto y por tanto, el ingeniero es un actor más dentro de un proceso complejo de negociación colectiva. Sin embargo, el particular saber

del ingeniero le confiere a este un poder peculiar y lo transforma en un agente no neutral en la construcción del entramado material y cultural de la sociedad. Esto hace que cuestiones como la equidad y la sostenibilidad no deban quedar como meras externalidades.

Es por ello, que es menester que, desde la perspectiva de este enfoque, que el ingeniero posea no sólo competencias técnicas sino también la habilidad de defender una idea, de escuchar e interpretar al otro, de negociar y de ejercer la política y el pensamiento crítico.

Por otra parte, las transformaciones de la naturaleza planteadas por la ingeniería se planifican y desarrollan en un territorio, del cual –por lo general– el ingeniero no comprende. Y decimos comprende, pues el concepto “territorio” debe entenderse más allá del espacio físico que lo circunscribe. El territorio como “noción” trasciende la base física en la que se concreta, habita en la mente y forma parte fundamental de la identificación de los humanos con el paisaje, la sociedad, la historia, etc. Por esta razón, la construcción de la noción de territorio es colectiva, basada en la experiencia de cada sociedad en particular y en las distintas formas de organizar la relación entre los seres humanos y la naturaleza [31].

Esta noción amerita un trato especial por parte del ingeniero. Emplazar una unidad productiva, construir un puente, intervenir en la gestión de los residuos son distintas formas de intervenir el territorio, y por ende de modificar las conductas y las formas en las cuales se re-organizarán las relaciones sociales en el mismo.

En consecuencia, es menester sumarle su dimensión “local” al concepto de desarrollo humano anteriormente citado. En este sentido decimos que el desarrollo local (de una localidad, de un partido, de un municipio) es aquella actividad económica que motoriza el crecimiento económico del lugar y mejora las condiciones de vida de sus vecinos y ciudadanos. Pero no cualquier actividad económica fomenta el desarrollo local; sólo aquella que, a la vez que motoriza el crecimiento, generando volumen económico en el lugar, mejora sustancialmente las condiciones sociales de las personas que viven en ese territorio; sobre todo, en lo que tiene que ver con los ingresos de la población [32].

El “mejoramiento” de la sociedad receptora debe ser encarado considerando las particularidades de la sociedad involucrada ya que el éxito o el fracaso de un proyecto de desarrollo depende en forma crucial de su adecuación cultural. Se ha demostrado que para lograr el éxito en un proyecto de desarrollo, es imprescindible ser respetuosos con los patrones culturales locales, basados en instituciones preexistentes e incorporar prácticas y valores tradicionales. Los proyectos realistas, viables y exitosos son aquellos que promueven cambios que preservan los sistemas haciendo que funcionen mejor; respetan la cultura local o al menos no se oponen a ella y que el presente es una combinación de productos heredados y efectos innovadores. Por lo anterior, es menester garantizar la participación comunitaria en los proyectos de ingeniería.

Asimismo, otro punto importante en el diseño e implementación de las acciones propuestas por la ingeniería, tienen que ver con el uso de la tecnología. Las tecnologías empleadas no pueden ser cualquiera ni tampoco pueden ser implementadas de cualquier manera. En este sentido, se habla de “tecnología social” al referirse a una forma de diseñar, desarrollar, implementar y gestionar tecnología orientada a resolver problemas sociales y ambientales generando dinámicas sociales y económicas de inclusión social y de desarrollo sustentable [33].

El ingeniero debe tener en consideración que al utilizar tecnologías también debe tenerse en cuenta que las dinámicas de innovación y cambio tecnológico son procesos de co-construcción socio-técnica, por lo que modificaciones en alguno de los elementos del ensamble socio-técnico generarán cambios tanto en el sentido y funcionamiento de la tecnología como en las relaciones sociales vinculadas.

Si la tecnología, como se sugiere aquí, no sólo responde a valores técnicos sino que es también un modo de hacer política, entonces la tecnología ha de ser considerada un asunto de interés general dada la extraordinaria relevancia ambiental y social que el cambio tecnológico ha adquirido en el mundo actual. La legitimidad de ese cambio, y la viabilidad del mismo en una sociedad moderna, depende de que esté abierto a la participación de diversos agentes sociales y con más razón no puede ser descuidado en la educación tecnológica [34].

Esta influencia de las tecnologías en las relaciones sociales, permite afirmar que no es posible dejar sólo en manos de los “expertos” la elección de la tecnología a aplicar y que esta decisión debe contar

con la participación informada de la comunidad que se verá afectada por la acción propuesta, en un verdadero proceso de co-construcción [35]. Bajo estas premisas, la ingeniería ha venido atropellando hace tiempo una consideración ética: “no es posible desarrollar a nadie sin su consentimiento porque, además de no ser eficaz, no es justo. Todo desarrollo significa autodesarrollo.” [36]

Dicho esto, cabe preguntarse entonces. ¿Qué está haciendo la ingeniería para garantizar los procesos participativos? Los enfoques participativos para el desarrollo de la comunidad siguen siendo difíciles de alcanzar para la mayoría de los proyectos de ingeniería por muchas razones. Históricamente, hemos visto cómo han surgido las prácticas de la ingeniería para el desarrollo en alianza con determinadas políticas exteriores, ubicadas dentro de agencias y organizaciones nacionales e internacionales, e inspiradas por las ideologías del positivismo, la modernización y el neoliberalismo. No será difícil percatarnos de que estas ideologías siguen moldeando muchas de las prácticas de los ingenieros en los proyectos de desarrollo e incluso en los enfoques que los estudiantes toman hacia las comunidades.

Sin duda, no puede esperarse una respuesta participativa que surja del seno de la ingeniería misma. En ese sentido, es clave que las intervenciones sean realizadas por grupos interdisciplinarios comprometidos que desarrollen una relación de largo plazo con las comunidades, estableciendo lazos de confianza y manteniendo un diálogo que redunde en planes y proyectos gestados desde la base. Proyectos que sin dudas serán mucho más eficientes en la búsqueda del desarrollo local.

5. CONCLUSIONES

Como hemos visto, la forma y el peso relativo en que se combinan enseñanzas y prácticas en la ingeniería han ido variando con el transcurso del tiempo, principalmente en las cosmovisiones de las casas de estudio, siendo notable un marcado giro, a partir de la segunda mitad del siglo XX, hacia la enseñanza a través de la aplicación del método científico más “duro”, descuidando la parte intuitiva, considerada a partir de entonces de un “status inferior” [37].

La enseñanza de la ingeniería ha quedado prisionera de un discurso científico que impone a los ingenieros serias limitaciones para examinar los significados sociales de su actividad y los efectos reales de su trabajo, manteniéndolos alejados de una reflexión sobre su saber y poder. Este discurso, que se ha transformado en hegemónico, opera en dos direcciones perniciosas, una intelectual y otra práctica. Intelectualmente por vía de la descalificación jerárquica de aquellos que promueven otros abordajes posibles. Prácticamente, manteniéndolos como rehenes acrílicos de las decisiones empresariales, únicas encargadas de definir los problemas y los términos de las soluciones aceptables. Adicionalmente, la formación que propone la ingeniería como ciencia, actúa también de manera contraproducente por intermedio de la segregación discursiva que aísla a los ingenieros del resto de las comunidades académicas, dificultando el vital diálogo interdisciplinario (“efecto túnel”) [38]

En este marco, seremos incapaces de proponer articulaciones novedosas con base tecnológica en tanto no disponga de una adecuada caracterización de la sociedad en la que actúa. La ingeniería no puede ser separada de su contexto y esta aseveración tiene validez desde la propia etapa inicial de su enseñanza.

Estas reflexiones son una invitación a repensar la práctica y, principalmente, la enseñanza de la profesión en vías de hermanar ingeniería y comunidad, con el fin de construir una disciplina más humanizada y funcional al interés del bienestar de las comunidades hacia un desarrollo humanitario, local y sostenible.

6. REFERENCIAS

- [1,3,7-9] GIRALDO, Julián. (2007), “Etimología del término Ingeniero”. Disponible en <<https://juliangiraldo.wordpress.com/miscelanea/introingenieria/documentos-introductorios>>. Fecha de acceso: 12 mayo. 2017
- [2,10,31] ARDILA, Gerardo. Ingeniería y territorio: Una relación política indisoluble. Palimpsestvs: Revista de la Facultad de Ciencias Humanas, [S.I.], ene. 2005. ISSN 1657-5083. Disponible en: <<https://revistas.unal.edu.co/index.php/palimpsestvs/article/view/8059>>. Fecha de acceso: 15 mayo. 2017

- [4-5] SIMMEL, Georg (1905) "La metrópolis y la vida mental", en *El individuo y las formas sociales*. Ediciones UNQ, Bernal.
- [6] SJOBERG, Gideon (1988) "Origen y evolución de la ciudad", en *Bassols, Mario, Roberto Donoso (y otros); Antología de Sociología Urbana*, Ed. UNAM, México D.F
- [11] ANTAKI, Ikram (2001), "Los problemas reales de la enseñanza. ¿Formación humanística a los ingenieros?", *Tiempo de Educar*, vol. 3, núm. 5, enero-julio, 2001, pp. 193-204, México
- [12-13] LUCENA, J. C. (2009), "Imagining nation, envisioning progress: emperor, agricultural elites, and imperial ministers in search of engineers in 19th century Brazil." *Engineering Studies* 1 (3): 24– 50, EE.UU.
- [14] SAFFORD, F. (1976), "The Ideal of the Practical: Colombia's Struggle to form a Technical Elite", *Austin and London*, University of Texas Press, EE.UU.
- [15] DIACON, T. A. (2004), "Stringing Together a Nation: Candido Mariano da Silva Rondon and the Construction of a Modern Brazil, 1906-1930." *Durham and London*, Duke University Press, EE.UU.
- [16] BELIERA, Norberto (1999), "La ingeniería argentina y su relación con la historia del país", *Diario HOY*, Año VI n°1902, Editorial, martes 16 de marzo de 1999.
- [17] ADAS, M. (2006), "Dominance by Design: Technological Imperatives and America's Civilizing Mission", *Cambridge*, Harvard University Press.
- [18] WILLIAMSON, B. (2007), "Small scale technologies for the developing world: volunteers for international technical assistance". *Society for the History of Technology*, Washington, D.C., EE.UU.
- [19] DARROW, K. and S., Mike (1986), "Appropriate Technology Source Book: A Guide to Practical Books for Village and Small Community Technology", Stanford, A Volunteers in Asia Publication..
- [20] CASS, J. (1970), "In the Service of Man", *Saturday Review*, EE.UU.
- [21] DYER, D. (2000), "The limits of technology transfer: civil systems at TRW Systems, experts, and Computers: the systems approach in management and engineering, World War II and after", Cambridge, MIT Press.
- [22] GERSHINOWITZ, H. (1972), "Applied Research for the Public Good-A Suggestion". *Science*. 76:380– 86.
- [23] LUCENA, J. (2003). "Flexible Engineers: History, challenges, and opportunities for engineering education." *Bulletin of Science, Technology, and Society*, 23(6): 419–435.
- [24, 29] GIULINAO, Gustavo (2010) "La filosofía de la tecnología y la ingeniería sostenible", *Ciencia y Tecnología* 10, ISEU
- [25] SUNKEL y PAZ (1970), "El subdesarrollo latinoamericano y la teoría del desarrollo" , *SIGLO XXI EDITORES*.
- [26] ESCOBAR, Arturo (2010), "Antropología y desarrollo, Encuentros y desencuentros", *Centro Nacional de Superación para la Cultura*, La Habana.
- [27] HERON, B. (2007), "Desire for development: whiteness, gender, and the helping imperative" Waterloo, Ontario, Wilfrid Laurier University Press.
- [28] SALMEN, L. F. (1987), "Listen to people: Participant-observer evaluation of development projects", New York, Oxford University Press.
- [30] BLEWITT, J. (2008), "Community, empowerment and sustainable development" Totnes, Green Books
- [32] ARROYO, Daniel (2012), "Desarrollo local: el puente entre la economía y la inclusión social", Fundación UOCRA
- [33,35] THOMAS, Hernán (2015), "Tecnologías para la inclusión social y políticas públicas en América Latina.", Buenos Aires.
- [34] LOPEZ CERESO & VALENTI (2000), "Educación Tecnológica en el Siglo XXI", Polivalencia 8.
- [36] VALLAEYS, Francois (2008) "Responsabilidad Social Universitaria" una nueva filosofía de gestión ética e inteligentes para las universidades", *UNESCO – IESALC, Vol. 13, Núm. 2*.
- [37] FERGUSON, (1999) "Engineering and the Mind's Eye", *MIT Press*.
- [38] JOHNSTON (1996), "Engineering as Captive Discourse", *Phil & Tech* 1:3-4, Spring, EE.UU.

Primeras experiencias en la modalidad semipresencial para Electrotecnia General

Ferreira, Fabiana*; Donzelli, Luis

*Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.
Paseo Colón 850, C.A.B.A, Argentina . fferreir@gmail.com*

RESUMEN.

Con el propósito de relevar los alcances y limitaciones de la incorporación de la modalidad semipresencial en los cursos de tecnologías básicas de Ingeniería, diseñamos dos cursos en esta modalidad en asignaturas obligatorias de Ingeniería Industrial. El área disciplinar seleccionada fue Electrotecnia y la experiencia se desarrolló en dos instituciones de la Ciudad de Buenos Aires. El objetivo general fue explorar las ventajas y desventajas de la modalidad, dotando de sentido pedagógico a la práctica con las nuevas tecnologías y experimentando también con la inclusión de redes sociales y material multimedia. La experiencia se realizó en el 1er cuatrimestre de 2017 en dos cursos de la asignatura Electrotecnia General de la Universidad de Buenos Aires (Caso A), y en la totalidad de los cursos de la asignatura Máquinas y Motores Eléctricos de Universidad Católica Argentina Santa María de los Buenos Aires (Caso B). La experiencia abarcó unos cincuenta estudiantes en cada Universidad. Los objetivos específicos de este diseño incluyeron la incorporación de clases en video y el diseño de evaluaciones en línea. La comunicación fue mediada a través de los campus Moodle institucionales, y diversos entornos de intercambio social genéricos (herramientas de Google, WhatsApp, etc). Se presentan el diseño y los resultados de su implementación, obteniendo algunas conclusiones respecto a la utilización de los dispositivos pedagógicos mediados por tecnología y a la implementación de la modalidad semipresencial en cursos de Ingeniería.

Palabras Claves: semipresencialidad, multimedia, Electrotecnia, evaluación continua, redes sociales

ABSTRACT

With the purpose of research about the implementation of b-learning in Engineering courses of basic technologies, we designed two courses in this modality in mandatory subjects of Industrial Engineering. The chosen disciplinary area was Electrotechnics and the experience was developed in two institutions of the City of Buenos Aires. The general objective was to explore the advantages and disadvantages of the modality, giving pedagogical sense to the practice with the new technologies and also experimenting with the inclusion of social networks and multimedia material. The experience was realized in the first semester of 2017 in two courses of the subject General Electrotechnics of the University of Buenos Aires (Case A), and in all the courses of the subject Electrical Machines and Motors of the Universidad Católica Argentina Santa María de Buenos Aires (Case B). The experience covered about 50 students in each university. The specific objectives of this design included incorporating video classes, designing online assessments and mediated communication across institutional Moodle campuses, and various generic social exchange environments (Google tools, WhatsApp, etc.). The design and the results of this implementation are presented, obtaining some conclusions about the use of the pedagogical devices mediated by technology and the implementation of the semipresencial modality in Engineering courses.

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la Educación Superior viene sufriendo diversas transformaciones impulsadas por la evolución de la sociedad informacional y las características de los estudiantes del nuevo milenio. En este nuevo paradigma de la Institución Universitaria uno de los componentes centrales es la modalidad educativa a “distancia transaccional” [1] acompañando un nuevo modelo pedagógico y curricular orientado a la formación por competencias. Algunas instituciones optaron por ofrecer programas completamente a distancia (e-learning), otras por combinar clases presenciales con clases a distancia (b-learning) y otras por mantener sus clases presenciales incorporando la tecnología como mejora pedagógica (extended learning) [2]. En las universidades argentinas, si bien el proceso parece ser más lento, ya pueden encontrarse desde carreras completamente a distancia hasta aulas extendidas en diversas carreras.

Sin embargo, en las carreras tradicionales de Ingeniería esta transición parece ser más lenta todavía, pues se argumenta que la modalidad a distancia no puede aplicarse debido a la importancia de las actividades prácticas en laboratorios. Esta postura es contradictoria con la concepción de la modalidad cuyo objetivo general es conectar aprendices, instructores y recursos, que se organizan en experiencias de aprendizaje [3]. Aún sosteniendo la necesidad de mantener las actividades de práctica en modalidad presencial, podrían virtualizarse las clases de explicación. La modalidad semipresencial (b-learning) permite organizar los diferentes tipos de clase en diferentes modalidades: realizar presencialmente las prácticas de laboratorio y combinarlas con otras clases de explicación y problemas a distancia. El b-learning, o aprendizaje híbrido o mezclado, es considerado como una evolución del e-learning, y se lo puede definir como la realización de acciones formativas donde se combina la formación virtual con la presencial [4]. Es un programa de educación formal en el que “el estudiante aprende, en parte, a través del aprendizaje en línea y en parte, en un lugar físico del campus con algún tipo de supervisión, y que estas distintas modalidades a lo largo del itinerario de aprendizaje en un curso o materia se interconectan para proporcionar una experiencia de aprendizaje integrado concretamente” [5]. Cabero y Marín Díaz [6] señalan que “el b-learning se constituye no sólo como una acción formativa que armoniza lo virtual y lo presencial, sino más bien como un ecosistema de formación, donde se combinan estrategias de enseñanzas, metodologías de aprendizaje y tecnologías”.

Por otro lado, nuestros alumnos han cambiado: las tecnologías los marcan desde una perspectiva cognitiva [7] obligándonos como docentes a incorporar en nuestras clases los nuevos dispositivos tecnológicos y culturales, generando situaciones de aprendizaje que incorporen los dispositivos personales, tendiendo al aprendizaje ubicuo [8] y al m-learning [9].

El progreso de la tecnología influye en las formas de comunicarnos y abrir posibilidades para los procesos de socialización y aprendizaje. Todo esto pone en cuestionamiento nuestras prácticas docentes [10]. Los estudiantes se comunican mediante herramientas y recursos audiovisuales, con un lenguaje distinto al que manejamos los docentes en las clases universitarias tradicionales.

Con la intención de comenzar a incorporar progresivamente estas cuestiones en las clases de tecnologías básicas de Ingeniería Industrial, diseñamos dos cursos en modalidad semipresencial en asignaturas obligatorias del área disciplinar de Electrotecnia. El objetivo general fue explorar las ventajas y desventajas de la modalidad semipresencial, dotando de sentido pedagógico a la práctica con las nuevas tecnologías [11]. Se implementó la modalidad el 1er cuatrimestre de 2017 en dos cursos de la asignatura Electrotecnia General de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (Caso A), y en la totalidad de los cursos de la asignatura Máquinas y Motores Eléctricos de la Universidad Católica Argentina Santa María de los Buenos Aires (Caso B). La experiencia abarcó entre cincuenta y sesenta estudiantes en cada Universidad. Los objetivos específicos de este diseño incluyeron la incorporación de clases en video, el diseño de evaluaciones en línea y la comunicación mediada a través de los campus Moodle institucionales. Se utilizaron también diversos entornos de intercambio social genéricos (herramientas de Google, WhatsApp, etc).

Se presentan el diseño y los resultados de su implementación, obteniendo algunas conclusiones respecto a la utilización de los dispositivos pedagógicos mediados por tecnología y a la implementación de la modalidad semipresencial en cursos prácticos de Ingeniería.

Este trabajo se integra en una línea de investigación más amplia sobre la enseñanza mediada por tecnología en los cursos de grado y posgrado de Tecnologías básicas y aplicadas de Electrotecnia y Electrónica.

2. IMPLEMENTACION

2.1 Descripción general

En ambas experiencias se optó por implementar la modalidad a distancia para las clases teóricas (de explicación de conceptos), manteniendo la modalidad presencial para las clases de prácticas (destinadas a experiencias de Laboratorio, resolución de problemas y Proyecto). En la asignatura

A la totalidad de las clases teóricas pasaron a modalidad a distancia, mientras que en la B sólo la mitad de las clases. En ninguno de los dos casos los alumnos conocían previamente la modalidad de la asignatura.

También fue diferente el alcance en ambas experiencias. En la asignatura B se trabajó con los dos cursos de una asignatura exclusiva de Ingeniería Industrial (unos 60 alumnos en total). La asignatura A la cursaban 140 alumnos de Ingeniería industrial, pero se trabajó en sólo dos cursos de los nueve que dispone la asignatura. En esta asignatura se comparten cursos con otras carreras: Ingeniería Química, en Alimentos, Naval y Civil. En la primera se abarcó sólo la temática de Máquinas Eléctricas y en la segunda, tanto Electrotecnia como Máquinas Eléctricas.

En cuanto a la evaluación sumativa de las asignaturas, se plantearon diferentes esquemas. En el caso A se trabajó en ambos cursos con la evaluación por promoción mediante un parcialito teórico – práctico por cada unidad didáctica y una actividad integradora (Proyecto o Monografía), mientras que el resto de los cursos mantuvo la modalidad de evaluación tradicional (Parcial y Evaluación Integradora). En el caso B, de acuerdo a la normativa institucional, se evaluó mediante dos parciales teórico-prácticos y un examen final.

En ambos casos se habían realizado, con el mismo equipo docente, experiencias previas en la modalidad a distancia, en estas y otras asignaturas [12].

El diseño didáctico se basó en un dispositivo didáctico con los siguientes componentes:

- Repositorio de las clases teóricas en video
- Evaluaciones virtuales de estas clases
- Tutorías virtuales y presenciales
- Guía de contenidos y actividades de enseñanza a través del campus / grupo Whatsapp

A continuación describimos por separado cada uno de estos elementos, aunque todos funcionaron en forma conjunta

2.2 Clases teóricas

Se evaluaron dos opciones para realizar las clases teóricas a distancia: clases sincrónicas y asincrónicas. Se consideró que la modalidad sincrónica presentaba problemas de instrumentación ya que los estudiantes que compartían las clases estaban inscriptos en distintos horarios. Se optó entonces por grabar las clases en video, para lo cual se utilizó la plataforma Adobe Connect, provista por el Centro de Educación a Distancia de la FIUBA.

Una de las dificultades iniciales fue intentar limitar la duración de los videos a no más de 30 minutos, para que los estudiantes pudieran sostener la atención y para que pudieran visualizarse/ descargarse en dispositivos móviles. Las clases teóricas presenciales suelen estar organizadas para una duración de entre 120 y 150 minutos, con lo que fue necesario reformular la trasposición didáctica de los contenidos en unidades más pequeñas que mantuvieran coherencia interna y correlación entre sí. Resultaron así 26 videos, organizados en grupos por unidades temáticas, tal como se presenta en la Tabla 1. Se puede observar que hubo temas en los cuales no fue posible todavía realizar un fraccionamiento que resulte consistente con los conceptos a aprender.

En esta Tabla se indica también la cantidad de clases teóricas presenciales en que se desarrollaba cada tema. Esto puede variar según la asignatura por lo que el repositorio en video permitió lograr la misma profundidad en las clases para todos los estudiantes involucrados.

Cabe aclarar que este listado no abarca la totalidad de los temas incluidos en las asignaturas, ya que se optó por derivar a las clases de práctica presenciales las explicaciones de los temas vinculados a actividades de laboratorio, Proyecto y Diseño, para que quedaran integrados con las otras actividades de aprendizaje.

Tal como se indicó en la sección 2.1, las asignaturas no tienen los mismos temas ni unidades didácticas por lo cual el orden de las unidades y de los videos fue adecuándose a cada una de ellas. En general, se puede observar que la duración de la unidad didáctica es menor en video que en clases presenciales.

En cuanto al registro, para que los videos resultaran amenos se optó por un registro similar al de las clases, coloquial e informal. Se rediseñaron todas las presentaciones en Power Point, adecuándolas al nuevo formato y duración. Estas presentaciones se grabaron con el audio correspondiente en la plataforma Adobe Connect y luego se transformaron en videos Youtube, disponibles en forma pública. En la Figura 1 se presenta una pantalla de visualización en la plataforma Adobe Connect (accesible sólo para alumnos de la FIUBA) y en la figura 2 cómo se visualiza en Youtube .

Tabla1- Videos organizados por unidades temáticas

Unidad	Tema de Videos	Duración video(min)
Circuitos Monofásicos (2 clases)	Circuitos Eléctricos	30
	Magnitudes en CA	23
	Ejemplos de circuitos en CA	22
	Potencia en CA	21
	Ejemplos de Potencia en CA	11
	Corrección de FP	25
	TOTAL	132
Circuitos Trifásicos (2 clases)	Fuentes trifásicas	27
	Cargas trifásicas	29
	TOTAL	56
Circuitos Magnéticos (1 clase)	Circuitos Magnéticos	26
	Pérdidas en el hierro	40
	TOTAL	66
Transformador (2 clases)	Introducción	28
	Trafo real	20
	Regulación y rendimiento	21
	Ensayos Trafos	19
	TOTAL	88
Introducción a motores eléctricos (1 clase)	Introducción a motores	26
	Campo rotante	17
	TOTAL	43
Máquina de Corriente continua (2 clases)	Maq de CC : intro y Gen	47
	Motores CC	47
	TOTAL	94
Máquina Asíncrona (2 ó 3 clases)	MAT : características	16
	Principio de funcionamiento	19
	Circuito equivalente	30
	Arranque MAT	34
	Variación de velocidad	31
	TOTAL	130
Máquina Síncrona (1 ó 2 clases)	Maq Síncrona : características	15
	Generador síncrono	30
	Motor síncrono	31
	TOTAL	76

Cada video fue acompañado por las transparencias correspondientes, lo que resultó más sencillo para repasar los conceptos.

En Youtube se creó un canal denominado Electrotecnia y Máquinas Eléctricas, público, al cual se puede acceder en forma directa o a través de los links indicados en el campus. Si bien por el campus y el grupo de Whatsapp se avisaba cada vez que se subía un video, muchos de los estudiantes optaron por suscribirse al canal y por este medio enterarse sobre la subida de nuevos videos.

Por otro lado, el repositorio Youtube permite descargar los videos y verlos offline, mientras que esto no podía hacerse desde Adobe Connect .

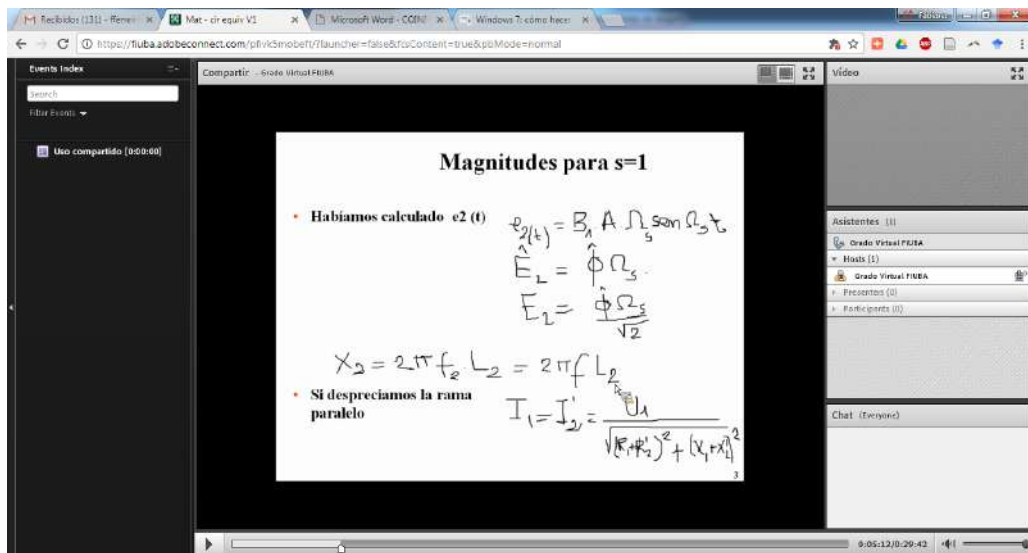


Figura 1 Video en Adobe Connect

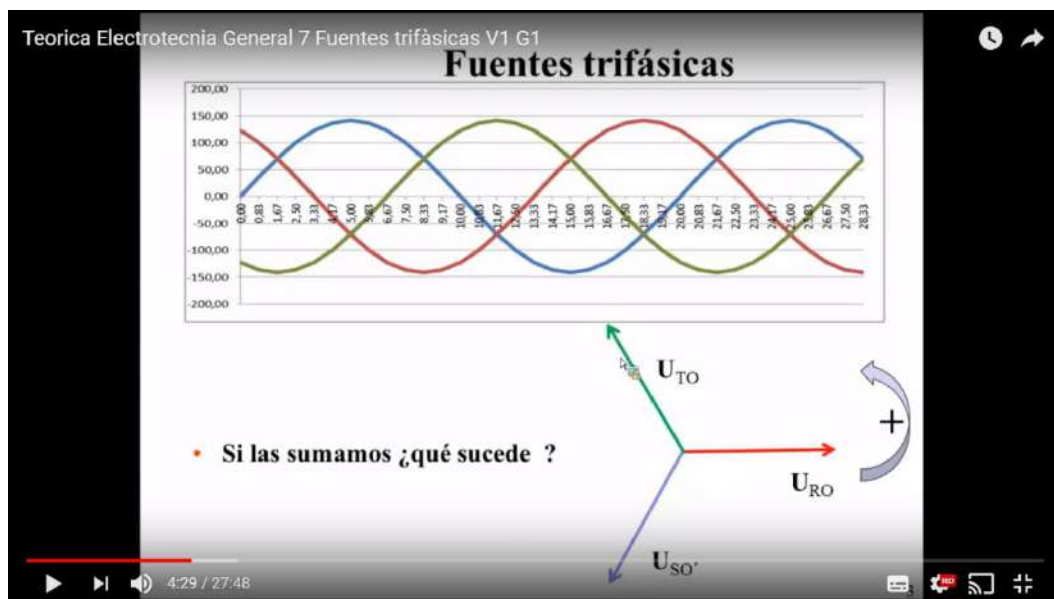


Figura 2 Video en YouTube

2.3 Evaluaciones

En el campus se implementó un cuestionario por cada unidad temática cuyo objetivo era la autoevaluación sobre la comprensión de los conceptos básicos. Si bien la calificación obtenida en estas evaluaciones no influyó en la calificación general de la asignatura, se informó a los estudiantes que debían estar aprobadas para que pudieran aprobar la cursada.

Los estudiantes disponían de tres intentos para resolver cada cuestionario. La idea era que los intentaran resolver por primera vez apenas terminaban de ver los videos, volvieran sobre estos o sobre las transparencias para resolver las dudas y lo volvieran a intentar. En caso que persistieran dudas podían consultar por cualquiera de los medios disponibles y volver sobre el cuestionario para terminar de resolverlo.

Las preguntas eran del tipo de emparejamiento, verdadero falso (Figura 3) o multiple choice. Las preguntas se confeccionaron en un banco de preguntas que puede ser reutilizado y migrado hacia otros campus Moodle. Por este motivo se manejaron cuestionarios similares en ambas instituciones.

Vista previa de la pregunta

Pregunta 1
Sin responder aún
Puntúa como 2,00

Indicar si las siguientes frases son verdaderas o falsas para el arranque de los motores

Para todos los motores es necesario utilizar un método de arranque	Elegir... Elegir... Verdadero Falso
En algunos motores es necesario un método de arranque para limitar la corriente de arranque	Elegir...
Los efectos del arranque no guardan relación con el tiempo de arranque	Elegir...
Sólo en algunos motores la corriente de arranque es mayor que la nominal	Elegir...
En algunos motores es necesario un método de arranque para conseguir un par de arranque	Elegir...

Comenzar de nuevo Guardar Rellenar con las respuestas correctas Enviar y terminar Cerrar vista previa

Figura 3 Pregunta de verdadero /falso

2.4 Tutoría

Se implementaron diferentes instancias de tutorías:

- Foros en el campus, uno o dos por unidad temática: en estos foros los estudiantes podían realizar consultas y ver las respuestas a sus preguntas y a los de los otros. Prácticamente no fue utilizado.
- Grupo de Whatsapp: se implementaron dos grupos de Whatsapp que incluyeron a los docentes. En el diseño inicial estos grupos estaban pensados para que los docentes comunicaran a los alumnos las instancias administrativas de las clases teóricas (semana para ver cada video, avisar sobre subida de archivos y videos, linkearlos, etc) y para resolver las consultas sobre estas clases. Sin embargo, funcionaron también como espacios colaborativos entre los estudiantes, no sólo para las clases teóricas, sino para resolución de problemas, elaboración de informes de laboratorio, etc. Fue lo más utilizado por los estudiantes, entre otras cuestiones por la facilidad para incorporar audios y fotos.
- Consulta personal directa por Whatsapp al profesor: este espacio apareció espontáneamente en la implementación. Aquellos que no se animaban a hacer consultas frente a sus compañeros, lo pudieron hacer por este medio. Hubo muchas consultas por audio.
- Consultas presenciales: durante todo el cuatrimestre hubo horarios fijos para esta función. Siempre hubo alumnos que asistieran a plantear duda , aunque no todos los estudiantes las utilizaron.

2.5. Guía de contenidos y actividades

A través del campus se organizaron los contenidos y actividades que los alumnos debían realizar. Cada aula se estructuró por unidades, dentro de las cuales se listaron ordenadamente los recursos disponibles (Videos y presentaciones). Al final de cada unidad se presentaba la evaluación correspondiente. En la Figura 4 se presenta una de esas unidades para la asignatura A y en la Figura 5 para el B .

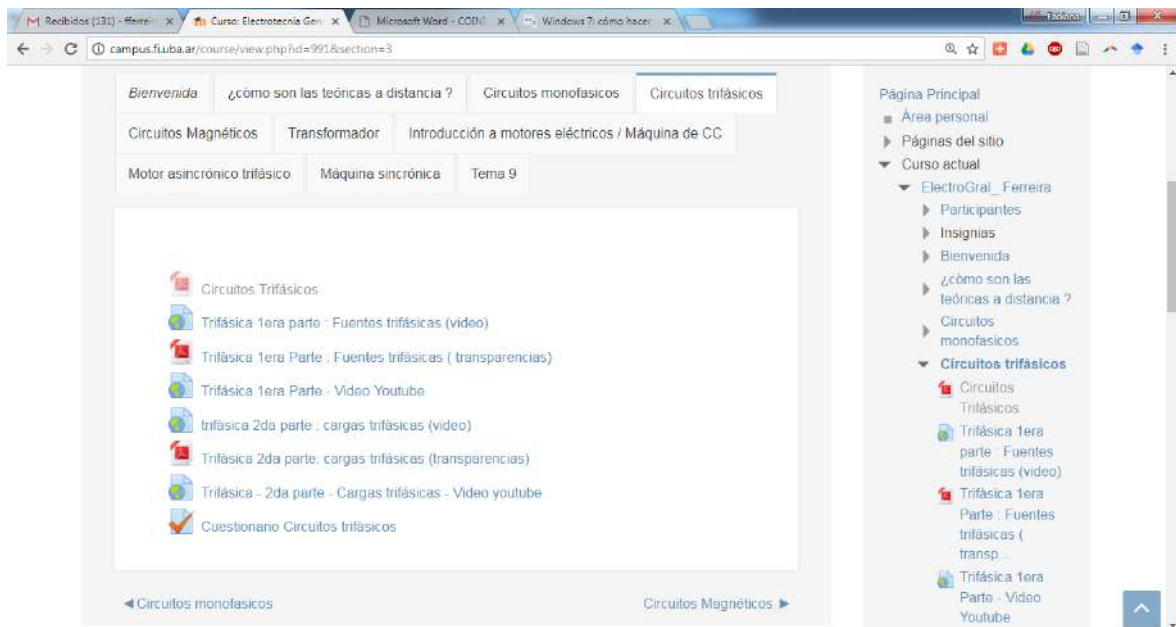


Figura 4 Unidad didáctica en el campus de la asignatura A

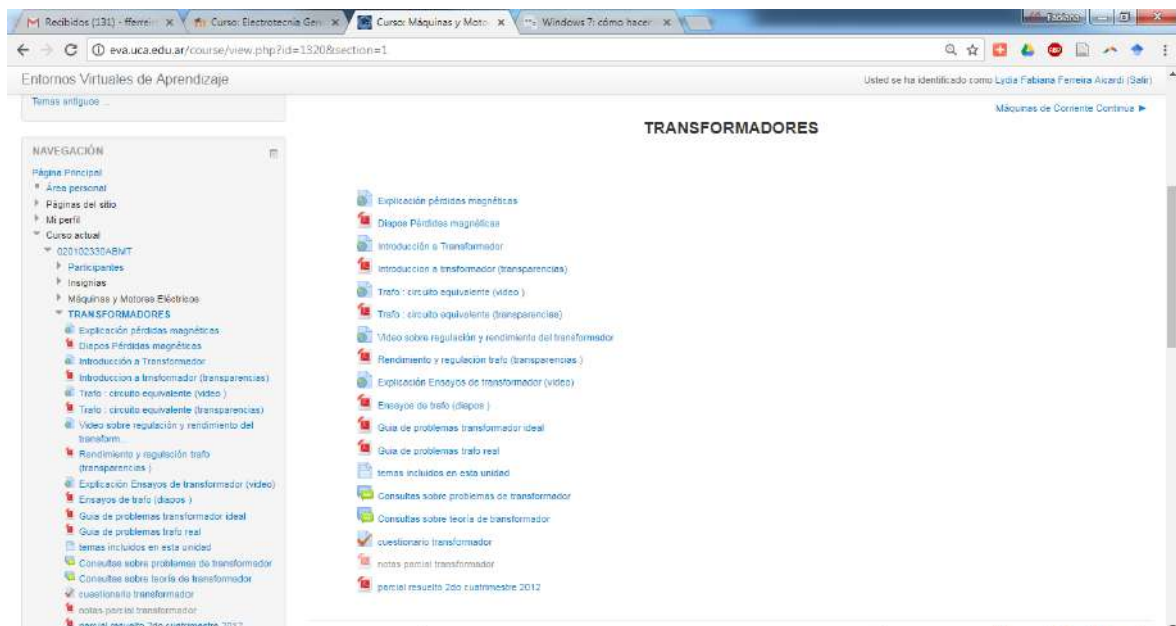


Figura 5 Unidad didáctica en el campus de la asignatura B

Si bien en los campus se presentaba la organización de las actividades, fue necesario complementar estas plataformas con los mensajes de aviso a través de los grupos de Whatsapp, con los que se gestionó el cronograma. Cada vez que se subía un video o una evaluación se avisaba a través de estos grupos que el video estaba disponible, cuando lo debían ver y como se vinculaba con las actividades de práctica. Lo mismo se hizo para las evaluaciones on line y para las actividades de práctica. Si bien estos avisos también se daban por el Foro de “Novedades” en el campus, el medio que utilizaban los estudiantes era el chat .

3. RESULTADOS

Se recabaron las opiniones de los estudiantes mediante entrevistas y una encuesta, y las opiniones de los docentes

3.1 Encuesta sobre los videos

Se realizó una encuesta breve de doce preguntas con un formulario de Google, en las que ,además de seleccionar una opción, se les pedía que justificaran su respuesta. La encuesta podían responderla con un alias. Se solicitó por el grupo de Whatsapp y por el campus que los

alumnos respondan esta encuesta. Lamentablemente la respondió sólo el 20 % de los alumnos, por lo cual se destacan aquí sólo los resultados que se consideran relevantes:

- Hubo un 30 % de los respondentes que no habían visto la totalidad de los videos, pero ninguno contestó que no los había usado. Esta respuesta puede estar ligada a la disponibilidad de los ppt, formato al que están más habituados: el 63% destacó la utilidad de este formato lo que mencionan también en las justificaciones.
- Al preguntárseles cuantas veces vieron cada video, el 52 % respondió que los vio sólo una vez. En las justificaciones indican que tomaron apunte escrito de los videos y se manejaron con sus apuntes y los ppt.
- En cuanto a la duración de los videos, una de nuestras preocupaciones, el 84 % consideró que la duración de media hora es adecuada, aunque algunos opinaron que les resultaron más amenos los videos más cortos.
- En cuanto al repositorio de los videos, se consultó sobre la preferencia por Adobe Connect o Youtube. El 86% prefirió Youtube porque se pueden bajar los videos y son más fáciles de visualizar en teléfonos celulares.
- Con respecto al uso de Whatsapp, el 5% respondió que no había participado (figura 6), pero en la justificación todas las opiniones fueron positivas, valorando la posibilidad de una comunicación directa con el docente , y poder resolver dudas en todo momento.

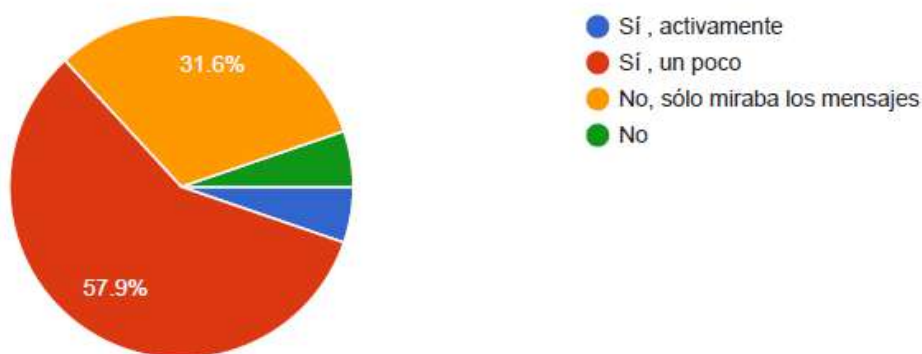


Figura 6 Participación en el grupo de Whatsapp

En las opiniones generales sobre la cursada, si bien se destaca la utilidad del formato video, muchos alumnos mencionan la utilidad de un encuentro presencial periódico para aclarar las dudas en grupo y personalmente.

3.2 Otras opiniones de los estudiantes

La posibilidad de acceder en forma permanente a los videos se destaca como un plus para el aprendizaje: nunca estuvieron ausentes y pudieron volver a ver las clases cuando tenían dudas. No se "perdieron" contenidos, como sucede en las clases presenciales. En general el formato de video les resulta más amigable que el escrito. Mencionan como una cuestión a favor la posibilidad de observar los videos desde los teléfonos celulares. El acompañamiento de los videos con las transparencias les fue útil también cuando necesitaron volver sobre algún aspecto en particular de la clase.

Con respecto al grupo de Whatsapp, lo consideraron muy importante para estar al tanto en forma inmediata de las novedades del curso, plantear las dudas y resolverlas. Mencionaron también la posibilidad de intercambiar con sus compañeros, y la facilidad para manejarse con audios y fotos. Las evaluaciones virtuales, les fueron muy útiles para detectar errores que los obligaron a volver a "repasar" temas que no habían comprendido bien.

3.3 Opiniones de los docentes

El formato en video permitió sincronizar mejor el desarrollo de las explicaciones teóricas con las actividades de práctica. Si en la evaluación individual de un alumno o en su desempeño en la práctica se detectaban problemas, se le pedía que vuelva a ver las explicaciones, lo que permitió "personalizar" el aprendizaje.

En la modalidad presencial los alumnos suelen estudiar los contenidos teóricos para el parcial (luego de la mitad de la cursada) siendo necesario realizar algunas explicaciones de conceptos teóricos para poder desarrollar las prácticas. Las evaluaciones on line aportaron a que los alumnos

siguieran el cronograma del curso, ya que para responder la evaluación debían estudiar los temas teóricos.

Otra de las cuestiones fue la posibilidad de disponer del horario reservado para la teórica para actividades de práctica lo que permitió dedicar mayor tiempo a las prácticas de laboratorio y problemas.

Una de las preocupaciones principales es el tiempo que insumió la elaboración de los videos de clase, si bien en este caso se disponía de una importante cantidad de materiales previamente elaborados en ppt. Puesto que los videos pueden ser analizados en detalle por los estudiantes, los docentes se sintieron obligados a mejorar la preparación de clases, para que “no se deslice ningún error”. Esto los obligó también a volver a estudiar los temas y a profundizar sus conocimientos, reflexionando sobre la transposición didáctica y los objetivos de las clases. En general, no se muestran del todo satisfechos con la primera versión de los videos, indicando que requieren mejoras.

La otra cuestión es la disponibilidad para la atención de los alumnos en forma permanente, mucho mayor al tiempo que se hubiera dedicado si sólo se hubieran realizado clases presenciales. Destacan que surgieron consultas que no suelen realizarse en las clases presenciales, evidenciando los temas de mayor dificultad conceptual. Se facilitó también el conocimiento con los estudiantes: el grupo de Whatsapp disminuyó la distancia entre docentes y alumnos, generándose relaciones más personales. También se incrementaron las comunicaciones entre los docentes, incentivadas por las alternativas que se iban dando en el curso.

Otro punto fue la necesidad de seguir formándose para poder implementar mejor esta modalidad. A pesar de las dificultades, todos manifestaron su intención de volver a implementar el curso en esta modalidad e incluso aplicarla en otros cursos.

4. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS.

El análisis de los resultados indica que la modalidad semipresencial facilitó el aprendizaje. Se observa un mejor aprovechamiento de los tiempos presenciales, que se dedicaron a mejorar las actividades de práctica y de los tiempos de estudio autónomo, ya que los estudiantes disponen de materiales en un formato más adecuado a sus necesidades comunicativas y en disponibilidad inmediata.

Con la virtualización de las teóricas y la utilización de redes sociales se realizó una primera aproximación al aprendizaje ubicuo, los estudiantes pudieron “asistir” a clase desde sus teléfonos celulares en cualquier momento y lugar.

Se logró también una mejora de los aprendizajes, tendiendo a lograr un verdadero aprendizaje para la comprensión [13], promovida por la tutoría permanente, la evaluación continua y los recursos multimediales. Si bien estos son componentes necesarios de la modalidad a distancia, habría que estudiar su influencia en los cursos de modalidad presencial.

Se destaca en esta experiencia el rol del grupo de Whatsapp. Si bien fueron creados como espacio de tutoría y organización, generó un espacio de aprendizaje colaborativo entre estudiantes y con los docentes. Este espacio fue importante para que los alumnos no demoren su aprendizaje, pero a costa de una importante dedicación de los docentes.

En cuanto a extender la modalidad, consideramos que esta experiencia puede replicarse en otros cursos de la Facultad. Ya hemos comenzado nuevas experiencias en otras asignaturas. Una de las dificultades para incorporar mayor cantidad de asignaturas es la disponibilidad de docentes con la formación pedagógica adecuada para implementar la modalidad y la falta de una normativa institucional que contemple este tipo de cursos.

Como primer paso, hemos continuado esta experiencia en una de las asignaturas objeto de esta experiencia, en el segundo cuatrimestre de 2017, ampliando la cantidad de estudiantes y cursos involucrados. En esta segunda experiencia nos hemos centrado en la evaluación y el uso del grupo de Whatsapp, tratando de identificar los tipos de intercambio que se producen.

5. REFERENCIAS.

- [1] Moore, M. (1990). *Contemporary Issues in American Distance Education*. Exeter: Pergamon Press.
- [2] Delgado García, A. M. et al (2005). *Competencias y diseño de la evaluación continua y final en el Espacio Europeo de Educación Superior*. España: Ministerio de Educación y Ciencia.
- [3] Simonson, M. et al..(2014). *Teaching and Learning at a Distance: Foundations of Distance Education*, Charlotte, South Caroline. 6ta Edición. IAP.
- [4] Llorente, M. C., y Cabero, J. (2009). *La formación semipresencial a través de redes telemáticas (blended learning)*. Barcelona: Da Vinci.

- [5] Salinas, J., Darder, A., y De Benito, B. (2015). "Las TIC en la enseñanza superior: e-learning, b-learning, y m-learning". En J. Cabero y J. Barroso (Coords.), *Nuevos retos en tecnología educativa* (153-173). Madrid: Síntesis.
- [6] Cabero Almenara, J. y Marín-Díaz, V. (2017). "Blended Learning y Realidad Aumentada: experiencias de diseño docente". *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 21(1), (version preprint).
- [7] Maggio M. (2016). *Enriquecer la enseñanza*, Buenos Aires : Paidós.
- [8] Burbules, N. C. (2014). "Los significados de aprendizaje ubicuo". *Education Policy*
- [9] Santiago, R., Trubaldo, S., Kamijo, M., & Fernández, Á. (2015). *Mobile learning: nuevas realidades en el aula*. Editorial Oceano. Buenos Aires
- [10] Crespo, K. (2015). "Módulo 1: En la génesis". *Audiovisuales 2.0 en educación*. Programa Virtual de Formación Docente del Centro de Innovación en Tecnología y Pedagogía Universidad de Buenos Aires.
- [11] E. Litwin (2016) *El Oficio de enseñar: Condiciones y contextos* . Buenos Aires: Editorial Paidós.
- [12] Musso G. et al. (2017) . "Experimentando la semipresencialidad en un curso de laboratorio de Ingeniería Electrónica". *1er Congreso Latinoamericano de Ingeniería*. Paraná, Argentina.
- [13] Perkins D (1999),. "¿Qué es la comprensión." *La enseñanza para la comprensión*, p. 69-92 . Buenos Aires: Paidós.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Centro de Educación a Distancia de la Facultad de Ingeniería de la UBA que nos facilitó los recursos para realizar los videos, y a las autoridades que nos autorizaron a realizar esta experiencia, en especial al Director de Carrera de Ingeniería Industrial de la UCA, Ing Jorge Mohamad.

Simulación de un proceso de enfriamiento de leche con un Intercambiador de placas, con el software UniSim Design R443 y UniSim PHE R440

Montesano, Juan*, Dipietro, Ángel

Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina (UCA). Avenida Alicia Moreau de Justo 1500, CP 1107, C.A.B.A., Argentina

juanmontesano45@gmail.com

RESUMEN.

La simulación es la utilización de un modelo de sistemas, que trata de acercarse más a las características de la realidad, a fin de reproducir la esencia de las operaciones reales. Asimismo, es la una representación de un proceso real, mediante el empleo de un modelo o sistema que reaccione de la manera similar a la que reaccionaría uno real, en un conjunto de condiciones dadas. Una de las áreas en donde tradicionalmente se ha aplicado intensivamente la simulación es en el campo de los procesos industriales y en los sistemas de manipulación de materiales.

En el presente trabajo se propuso como objetivo simular con el UniSim un intercambiador de placas en el proceso estacionario de pasteurización general de leche fluida, con la finalidad de destruir los microorganismos patógenos tomando en cuenta la combinación mínima tiempo/temperatura de 15 segundos a 75°C. Para ello el alumno debió analizar diversas alternativas con el fin de elegir y adoptar la mejor, para el desarrollo del sistema real, procurando que sea la óptima o que por lo menos sea lo suficientemente aproximada. Para ello debió involucrar conocimientos de balances de materia y energía, termodinámica, mecánica de los fluidos, control de procesos y procesos industriales de alimentos. En las asignaturas Procesos Industriales I y II del cuarto año de Ingeniería Industrial se puso en funcionamiento esta metodología de la enseñanza acorde al avance de la informática y de las tecnologías. Como resultado los alumnos demostraron muy buena adaptación y se estima que los progresos han sido interesantes.

Palabras Claves: Simulación, UniSim R443-R440, Pasteurización, Intercambiador de placas, Alumnos

ABSTRACT

The simulation is the use of a systems model, which tries to get closer to the characteristics of reality, in order to reproduce the essence of real operations. It is also a representation of a real process, through the use of a model or system that reacts in a manner similar to that which would react a real one, in a given set of conditions. One of the areas where the simulation has traditionally been applied intensively is in the field of industrial processes and material handling systems.

In the present work, it was proposed to simulate with the UniSim a plate exchanger in the stationary process of general pasteurization of fluid milk, in order to destroy the pathogenic microorganisms taking into account the minimum time / temperature combination of 15 seconds at 75°C. For this, the student had to analyze several alternatives in order to choose and adopt the best, for the development of the real system, trying to be the best or at least approximate enough. To do this, it should have involved knowledge of matter and energy balances, thermodynamics, fluid mechanics, process control and industrial food processes. In the subjects Industrial Processes I and II of the fourth year of Industrial Engineering, this teaching methodology was put into operation according to the progress of information technology and technologies. As a result the students showed very good adaptation and it is estimated that the progress has been interesting

1. INTRODUCCIÓN

Los intercambiadores de calor funcionan sobre la base de la segunda ley de la termodinámica [5], que establece que entre dos cuerpos en contacto a distinta temperatura se produce una transferencia de energía, siempre desde el caliente hacia el frío hasta alcanzar el equilibrio térmico.

Los intercambiadores de placas son los más utilizados en la industria alimentaria ofreciendo las siguientes ventajas:

Proporcionan grandes áreas de transferencia en pequeños espacios

Soportan presiones y temperaturas moderadas y buenas prestaciones de operación y facilidad de mantenimiento (limpieza).

La exactitud de la información que se usó en el modelo fue de gran importancia con el propósito de obtener resultados confiables. El principal punto para la realización del modelo fueron los datos y condiciones más relevantes que podían fundamentar el objetivo del estudio. Lo más importante era tener en claro la relación entre el modelo y el propósito por el cual fue hecho.

El presente trabajo contempló las siguientes especificaciones: simulación en modo rating y estado estacionario del equipo, corrientes mono-componentes en fase líquida, sentido de corrientes contracorriente, constancia de las propiedades de las corrientes a lo largo del intercambiador, y proceso adiabático. Para ello se utilizó los simuladores con licencia de la firma Honeywell con fines académicos y de investigación, no comerciales, que aunque no tiene todas las prestaciones de los simuladores profesionales, permite adentrarse a los estudiantes en este campo aprovechando las posibilidades de personalización e interoperabilidad que ofrece.

Definitivamente se mostró la viabilidad, a nivel académico, de la implementación de una operación unitaria compatible, cubriendo todas las fases y aspectos implicados – epistemológicos, teóricos y práctico – en la elaboración de la misma.

2. PARTE ANALÍTICA

2.1 Modelo Intercambiador, parte estacionaria [1],[2]

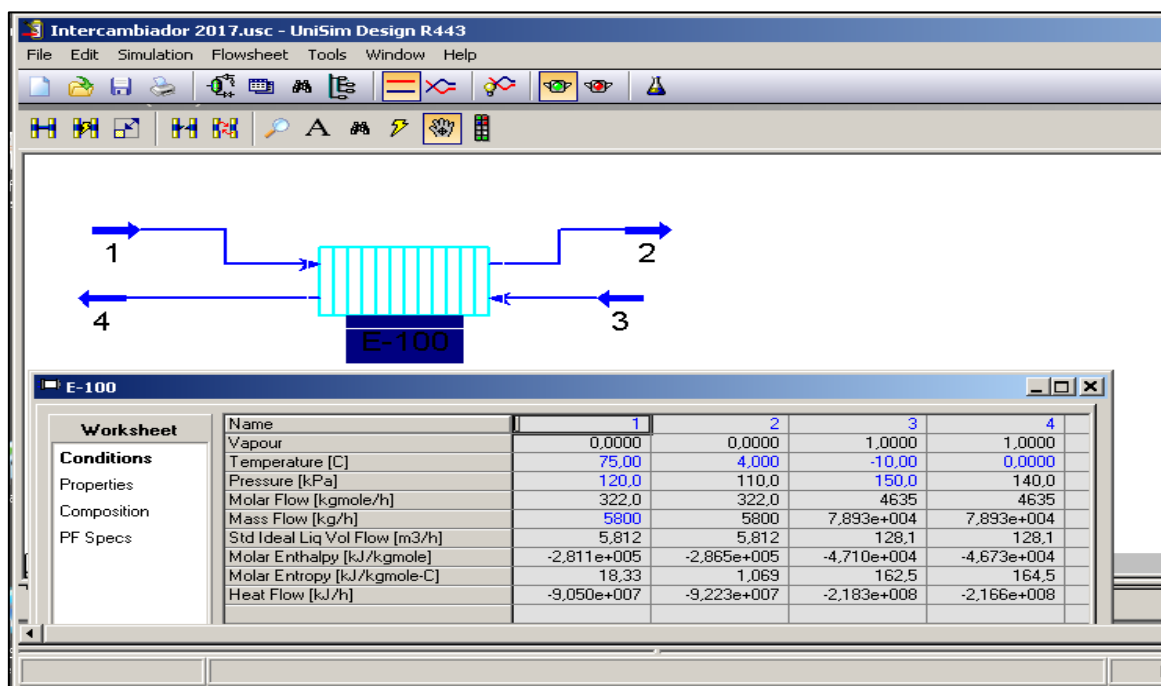


Figura 1. Captura de pantalla con flow ship del intercambiador .Tabla con datos y resultados

Se simuló, un intercambiador (E-100) con una corriente 1 del fluido caliente (leche pasteurizada a 75°C) y una corriente 3 del fluido frío (amoníaco -10°C y 1,5 bar), que intercambian su calor a través de las placas corrugadas. Las placas de alto intercambio de transferencia de calor ultra delgadas, garantizaron el máximo rendimiento en el mínimo espacio. Dado que el simulador no posee una base de datos de los alimentos, se asumió a la leche como si fuera agua. La misma se procesó a razón de 5800 kg/h y 75°C, en forma continua y se mantuvo a una presión de 1,2 bar, de forma tal, si se produjera una fuga en el intercambiador, la leche fluiría hacia el flujo del fluido refrigerante. El amoníaco sale en la corriente 4 a 0°C y la leche en la corriente 2 a 4°C. Ver Figura 1.

Con estos parámetros el software UniSim Design R 443 presentó un diagrama de flujo del proceso solicitado, con el cálculo de una serie de valores externos, como ser caudal de amoníaco necesario de $7,893 \cdot 10^4$ kg/h.[4]

Estos datos se exportaron al UniSim PHE (Plate Heat Exchangers) R 440 completando la simulación específicamente sobre un intercambiador de placas. Como resultado un sumario de resultados (Results Summary). Ver Figura 2

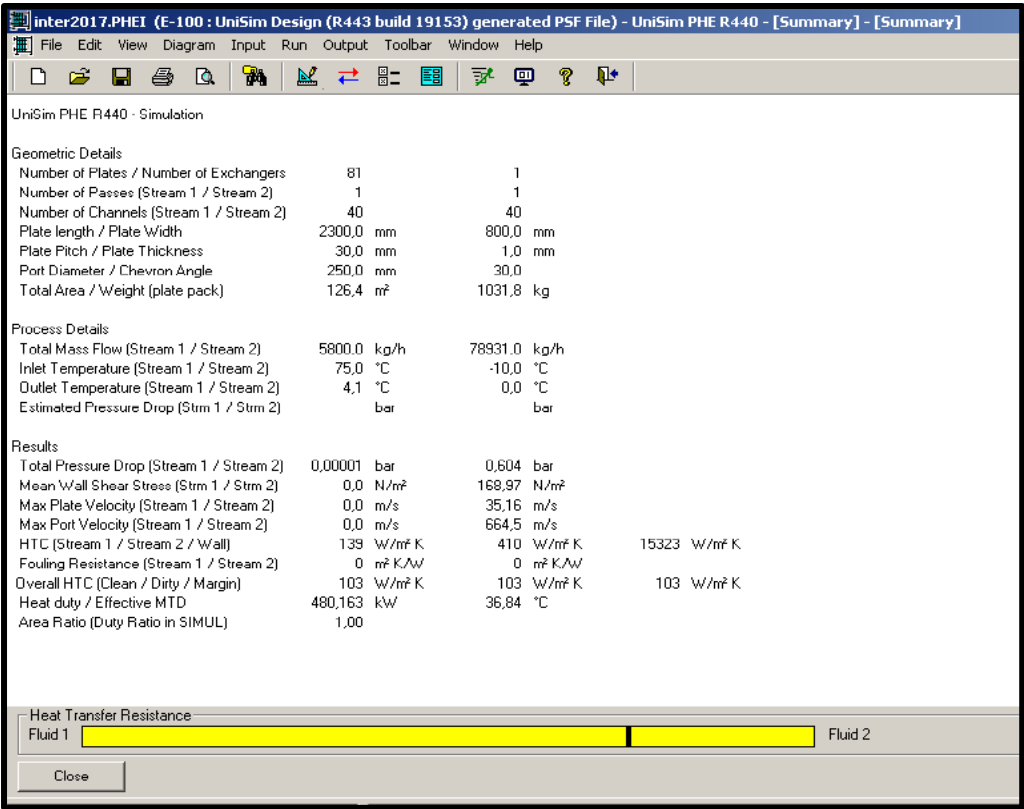


Figura 2. Captura de pantalla. Sumario del intercambiador de placas

Aparecen tres secciones

Detalles geométricos: (Geometric Details) con número de placas(81),número de pasos (1) número de canales en las placas(40)separación entre placas (30mm) espesor de las placas (1mm) diámetro de los conductos de entrada (250mm)área total de las placas y peso(126,4m², 1031,8 kg)

Detalles de proceso: (Process Details) valores de caudal, temperaturas y presiones de las corrientes 1-2 (leche) 3-4(amoníaco).

Resultados y una banda amarilla que representa la resistencia a la transferencia de calor de los fluidos (Heat Transfer Resistance).

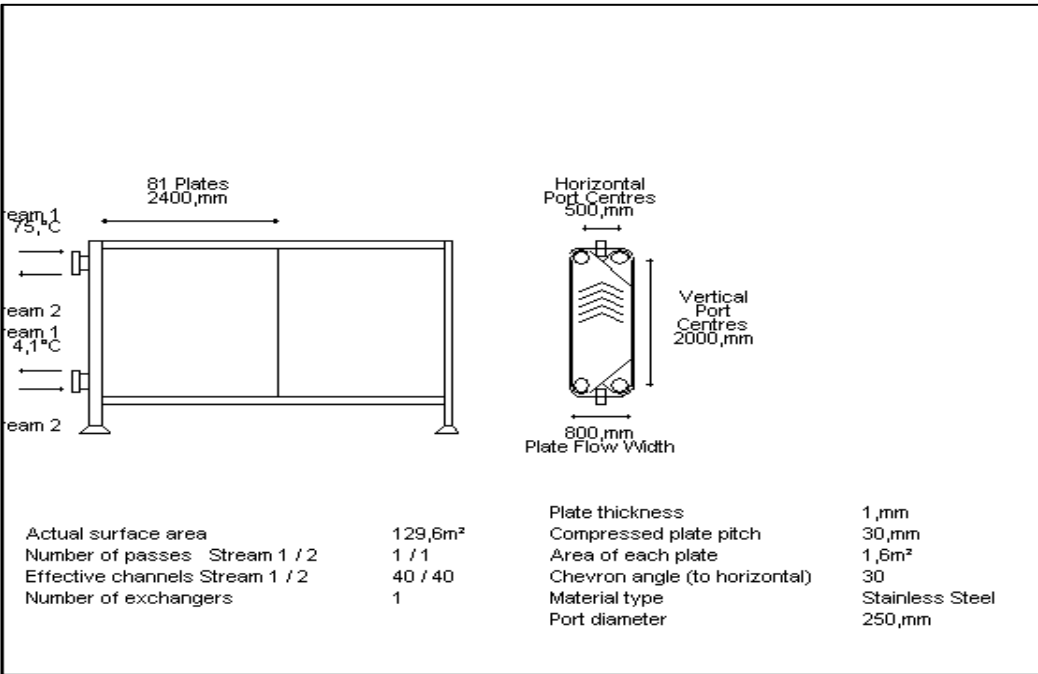


Figura 3.Captura de pantalla diagrama del intercambiador (Exchanger Diagram)

La Figura 3 proporciona un diagrama con el detalle del intercambiador de placas y las dimensiones de cada placa.

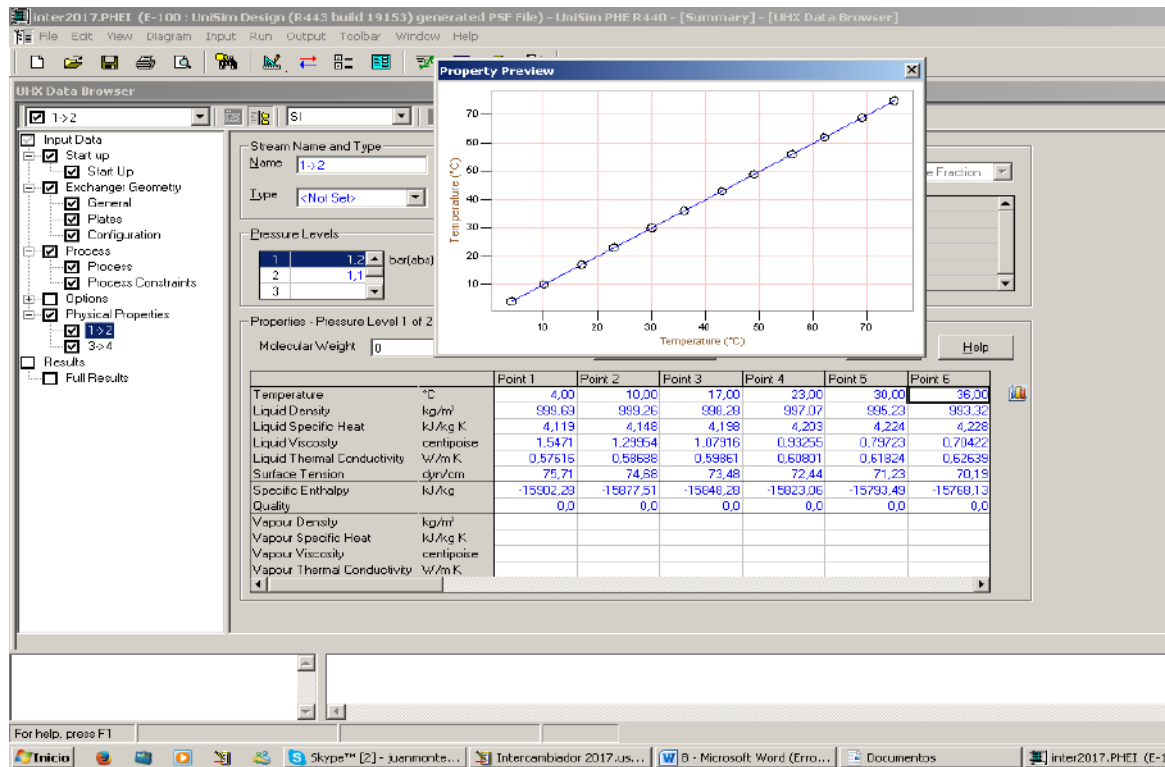


Figura 4. Captura de pantalla donde se presentan las propiedades de las corrientes punto a punto

En la Figura 4 se presentan las propiedades físicas de ambas corrientes desarrolladas en 13 puntos que puede ser representadas gráficamente (como muestra, se desarrolló la primera propiedad).

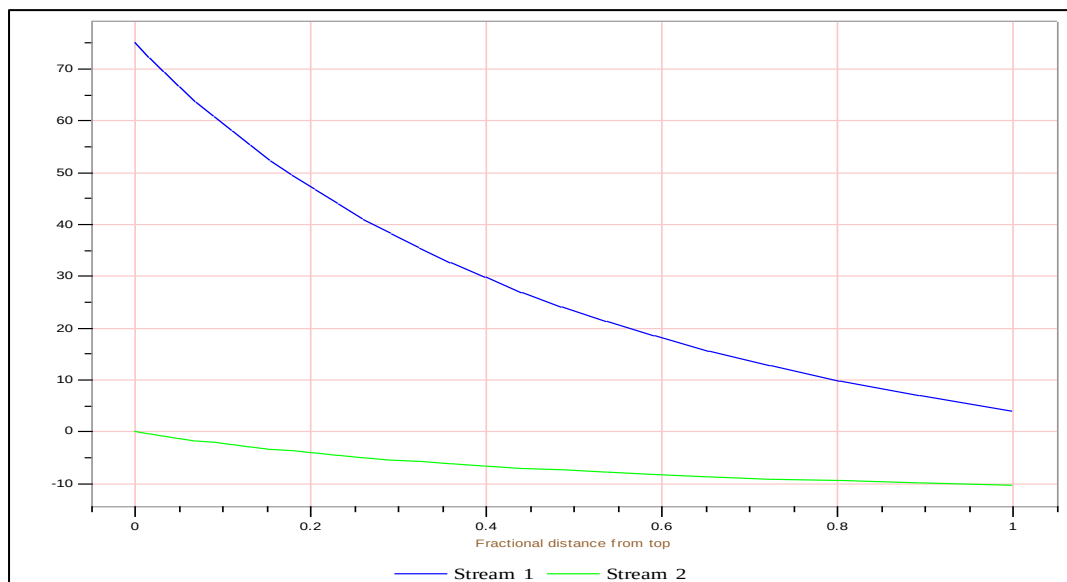


Figura 5. Gráfico del perfil de temperaturas de los dos fluidos en función de la distancia fraccional del intercambiador

En la Figura 5 se muestra los perfiles en contracorriente de las temperaturas, de la leche (superior) y del amoníaco (inferior) en función de la distancia fraccional del intercambiador con intervalos de 0,2

2.2. Modelo intercambiador, parte dinámica [4],[3]

En la Figura 6 se observa flow ship modificado (Figura 1) con una válvula (VLV-100) en la donde se realizó la corrida dinámica agregando un lazo de control TIC-100, que controla la temperatura de salida de la leche, actuando sobre el caudal de alimentación del amoníaco mediante la válvula.

Para ello se fijó el valor deseado de la variable a controlar en 4°C, se colocó el lazo en automático y se dejó correr el integrador durante unos minutos para estabilizar el proceso. Durante esta corrida se activó el sintonizador automático de parámetros de control del simulador. Los valores calculados para los parámetros del controlador, $K_c=1,72$; $T_i=0,733$ minutos y $T_d=0,163$ minutos fueron aceptados.

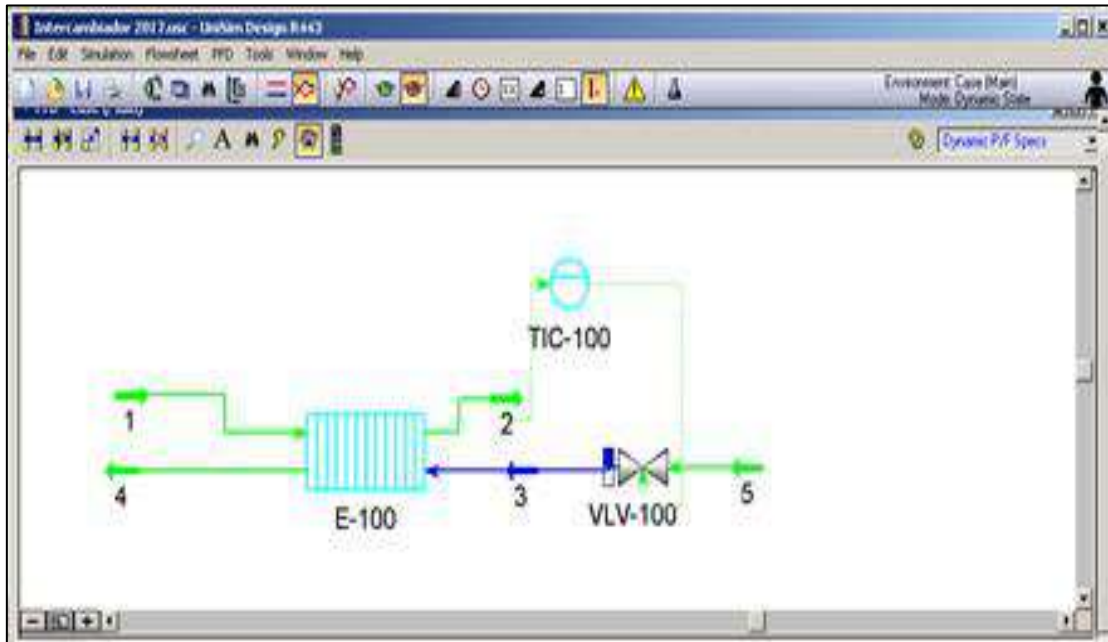


Figura 6. Captura de pantalla en R443 con modo dinámico. Controlador TIC-100

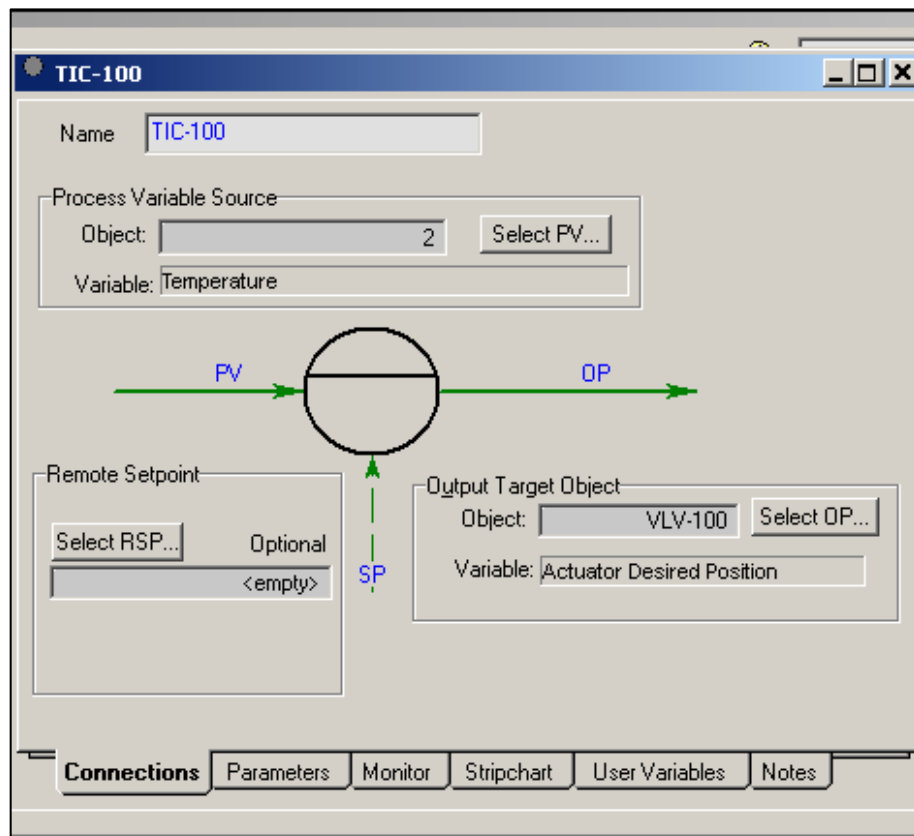


Figura 7 Captura de pantalla de variable controlada y manipulada del controlador TIC-100

En la Figura 7 se observa la variable controlada (temperatura de la leche pasteurizada) y la variable manipulada (actuador de la válvula VLV-100) por el controlador TIC-100

3. CONCLUSIONES

Como se puede apreciar, el propósito de esta investigación fue difundir la simulación de modelos simples de procesos con el fin de enriquecer el conocimiento de los alumnos en esta herramienta

y mostrarles la importancia que representa para el desarrollo económico de una industria, ya que es aquí donde la capacidad de ésta rama de la ingeniería en sistemas debe intervenir a fondo para lograr competitividad productiva en los mercados interno y mundial, puesto que únicamente las innovaciones son capaces de transformar las prácticas de la vida cotidiana.

En los cursos de cuarto año de la asignatura Procesos Industriales I en la carrera de Ingeniería Industrial se les pregunto si le interesó la clase de simulación de un total de 59 alumnos el 95% contestó en forma afirmativa y el 88% consideró como útil para su futura profesión.

A la luz de los resultados obtenidos se puede afirmar que la simulación ayudó a entender mejor la operación de los procesos, a detectar las variables más importantes que interactúan en el mismo y a entender mejor las interrelaciones entre estas variables.

3. REFERENCIAS

- [1] Iglesias, Omar; Paniagua, Carmen N. (2013) *Conceptos Básicos de Simulación de Procesos en Simuladores Modulares*. La Plata. 1a Edición. Editorial de la Universidad de La Plata. La Plata.
- [2] *UniSim Design. Operations* (Abril 2009). Guide. Honeywell. Canadá
- [3] Himmelblau, David M.; Bischoff, Kenneth B. (2004) *Análisis y simulación de procesos*. 2da Edición. Editorial Reverté. Barcelona
- [4] Montesano, Juan; Menéndez, Alfredo. (2012) *Simulación en Ciencia y Tecnología de los Alimentos con Unisim Design Uso Académico*. Lanús. 1ra. Edición. Ediciones UNLa Universidad nacional de Lanús.
- [5] Cengel, Yunus ; Boles, Michael A. (2006) *Termodinámica*. México. 5ª. Edición. Editorial Mc Graw Hill, México

DAR Y RECIBIR: DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN 1^{er} Y 5^{to} AÑO

La Educación en Ingeniería Industrial

Moya, María Angélica*; Mattio, Roberto⁽¹⁾; Pontarolo, Milagros⁽²⁾; Dithurbide, María Camila⁽³⁾

*Facultad de Ingeniería, Universidad Austral
Av. Pte Perón 1500. Derqui. Partido de Pilar (Pcia. de Buenos Aires).*

[* mmoya@austral.edu.ar](mailto:mmoya@austral.edu.ar)

⁽¹⁾ rmattio@austral.edu.ar

⁽²⁾ milagros.pontarolo@ing.austral.edu.ar

⁽³⁾ camila.dithurbidei@ing.austral.edu.ar

RESUMEN

Se presenta una experiencia de enseñanza-aprendizaje orientada al desarrollo de competencias genéricas de egreso en alumnos de ingeniería industrial e informática. Consiste en la realización de un Trabajo Práctico Integrador (TPI) durante un cuatrimestre en la asignatura "Introducción a la Ingeniería" e involucra de un modo directo alumnos de primero y de quinto año, estos últimos en calidad de tutores del TPI.

Los estudiantes de primer año deben identificar, definir, proponer, evaluar y elegir justificadamente la mejor alternativa de solución a un problema real abierto u oportunidad de mejora definida por ellos mismos dentro del marco de una consigna general. El asesoramiento se lleva a cabo a través de reuniones con el tutor con pautas predeterminadas. Una Ayudante Diplomada (tutora en 2016) coordina a los tutores. El trabajo concluye con un Informe final escrito, un Póster explicativo y una Exposición oral.

La evaluación del TPI conlleva un abordaje multidimensional donde importan no sólo los resultados logrados, sino también muy especialmente, el proceso desarrollado. Los principales instrumentos empleados para tal fin son: Informes de avance, Rubrica de evaluación de la exposición, Encuesta (alumnos de 1er año), Autoevaluación (tutores) y Reunión de evaluación final (tutores y profesores de la cátedra).

Se observó en los alumnos de primer año un buen desarrollo de las capacidades relativas a la identificación y resolución de problemas, aplicación de métodos de ingeniería, trabajo en equipo y comunicación interpersonal. A su vez, los alumnos de quinto año en su rol de tutor, pusieron en juego habilidades de liderazgo y de conducción de equipos, y entre otras, comunicación efectiva y eficiente según sus destinatarios y actuación con responsabilidad.

En esta interrelación entre alumnos asesorados de primer año y alumnos tutores próximos a recibirse se establece el concepto de "dar y recibir", resultando en un mutuo enriquecimiento de habilidades y capacidades.

Palabras Claves: competencias genéricas de egreso, tutores alumnos, trabajo práctico integrador

ABSTRACT

This paper presents a teaching-learning experience aimed at the development of general professional competences of students graduating in Industrial and Computing Engineering. It consists of the accomplishment of an Integrative Practical Work (TPI) during a semester in the subject "Introduction to Engineering" and it involves in a direct way students of first and the fifth year, these last ones as tutors of the TPI.

Students of the first year have to identify, define, propose, evaluate and choose the best solution alternative to a real open problem or an improvement opportunity defined by themselves within the framework of a general instruction. Counseling takes place through meetings with the tutor under

predetermined guidelines. A graduate assistant (tutor in 2016) coordinates the tutors. The work concludes with a final written report, an explanatory poster and an oral presentation.

The evaluation of the TPI entails a multidimensional approach where not only the results achieved matter, but also especially the process developed as well. The main instruments used for this purpose are the following: Progress Report, Assessment Rubric of the Presentation, Survey (first year students), Self-Assessment (tutors) and Final Evaluation Meeting (tutors, graduate assistant and professors).

First-year students were able to develop skills related to problem identification and resolution, application of engineering methods, teamwork and interpersonal communication. At the same time, the fifth-year students, in their role of tutors, brought into play leadership and team management skills, so as effective and efficient communication according to their recipients and acting responsibly

This interrelation between first-year students and tutors closed to graduation, establishes a "give and receive" concept, resulting in a mutual enrichment of skills and abilities.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo

El objetivo de este trabajo es presentar una experiencia de enseñanza-aprendizaje orientada al desarrollo de competencias genéricas de egreso en alumnos de las carreras ingeniería industrial e informática. Consiste en la realización de un Trabajo Práctico Integrador (TPI) durante el cuatrimestre de cursada de la asignatura “Introducción a la Ingeniería” e involucra de un modo directo alumnos de primero y de quinto año, estos últimos en calidad de tutores del TPI.

1.2 Marco teórico

1.2.1. El concepto de competencia

El término competencia se ha utilizado desde la década del 70 en el ámbito laboral asociándolo al desarrollo de habilidades que requiere un profesional para desempeñar su trabajo en forma óptima. Ha sido también una consecuencia de la evolución en la estructuras organizativas de las empresas que fueron evolucionando de esquemas piramidales a matriciales, generando la necesidad de nuevas competencias a la hora de convocar profesionales en sus cuadros, tales como trabajo en equipo, liderazgo, comunicación efectiva, etc.

Se entiende por competencia una combinación interrelacionada de destrezas cognitivas y prácticas, conocimiento (incluyendo conocimiento tácito), motivación, valores, actitudes, emociones y otras componentes que juntas pueden ser movilizadas para lograr una acción efectiva en un contexto particular [1]. En la Figura 1 se representan las tres dimensiones que integran una competencia: saber (contenidos conceptuales y conocimientos teóricos propios de cada área), saber hacer (destrezas y habilidades prácticas del conocimiento académico aplicado a situaciones concretas y específicas) y saber ser y estar (actitudes, valores y normas que dan sustento y sentido al comportamiento profesional).

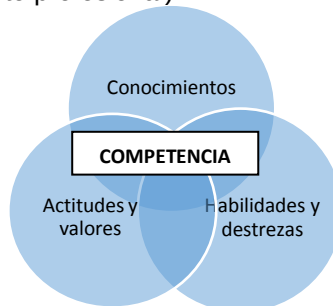


Figura 1 Elementos que integran una competencia [2]

El término competencia deriva de “competere”, que significa dirigirse con otros hacia algo. Competencia, entonces, aglutina “con”, equipo, hacer con otros, poder hacer con los otros porque cada uno está capacitado para aportar en ese hacer con los otros. Alguien es competente cuando puede integrarse en una tarea con los demás [3]. Se considera que una persona es técnicamente competente cuando es capaz de realizar las tareas requeridas por su profesión o trabajo de manera adecuada según los estándares propios del mismo [4].

1.2.2. Educación basada en competencias

El ingeniero no sólo debe saber, sino también saber hacer y saber comunicar. El saber hacer no surge de la mera adquisición de conocimientos sino que es el resultado de la puesta en funciones de una compleja estructura de conocimientos, habilidades, destrezas, etc. que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje [5], lo que lleva, entre otras cosas, a integrar conocimientos, habilidades y valores para lo cual es necesario no sólo poseerlos, sino también saber seleccionarlos y combinarlos de forma pertinente según cada situación.

Para que el estudiante pueda desarrollar las competencias establecidas en el perfil del ingeniero, no basta con formarle en determinados conocimientos, habilidades y promover determinadas actitudes o valores, es necesario además favorecer el crecimiento continuo de capacidades subyacentes a las competencias. Para ello debe colocarse al alumno ante diversas situaciones de estudio y trabajo similares a las que puede encontrar en la práctica de su profesión [6].

La educación basada en competencias implica un nuevo significado de aprender y por lo tanto también de enseñar. Quien aprende construye en forma personal competencias, pero desde los otros y con otros. Responde a metas y expectativas determinadas que surgen de las lógicas del mundo del trabajo y del mundo económico, social y político. Reconoce lo que construye y cómo ha realizado dicha construcción. Quien enseña, por su parte, crea las condiciones favorables para la construcción de las competencias y facilita las herramientas y las oportunidades de manera explícita para garantizar que esto sea posible. Al mismo tiempo, evalúa y acredita el desarrollo de las competencias, buscando evidencias de aprendizajes de los contenidos disciplinares y del desarrollo de las capacidades generales y específicas, diseñando los instrumentos de evaluación adecuados [7].

1.3. Antecedentes del Trabajo Práctico Integrador

La asignatura “Introducción a la Ingeniería” se dicta durante el primer cuatrimestre de primer año y la cursan en forma conjunta alumnos de las carreras Ingeniería Industrial e Ingeniería en Informática, siendo un total de 100 estudiantes por año aproximadamente. El Trabajo Práctico Integrador (TPI) se gestó durante el año 2013 y se implementó exitosamente en los años sucesivos.

El TPI es una experiencia de enseñanza-aprendizaje en donde los estudiantes -trabajando en equipo- deben identificar, proponer, evaluar y elegir justificadamente una alternativa de solución a un problema real abierto definido por ellos mismos dentro del marco de una consigna general. En cada edición del TPI se procuró orientar el trabajo a realidad local de los alumnos para asegurar el conocimiento pleno de la problemática a resolver y el acceso a la información necesaria para llevar a cabo el trabajo.

Desde el año 2016 participan alumnos de quinto año en calidad de tutores para acompañar y guiar el proceso de realización del TPI. A tal efecto, se incorporaron al equipo de la cátedra alumnos del último año especialmente elegidos por sus cualidades personales e inserción laboral. Con ello se agregó una nueva dimensión de integración en el TPI, en este caso entre alumnos que comienzan la carrera de Ingeniería y quienes la están finalizando y están ya insertos en el mundo laboral. Las recomendaciones de estos tutores-alumnos que hablan el mismo lenguaje y tienen los mismos códigos representan, para los alumnos de primer año, modelos cercanos y reales a seguir [8].

2. DESARROLLO del TPI 2017

2.1. Características del TPI 2017

Considerando los resultados de la encuesta de satisfacción realizada a los alumnos de 1er año al finalizar el ciclo 2016, se eligió para el año 2017 como consigna general del TPI “situaciones de la realidad local a la que se tenga acceso directo y formen parte de la vida cotidiana” (casa, club, campus, ciudad, barrio, etc.). Como novedad con respecto a los años anteriores se incorporó el abordaje de las tres dimensiones del desarrollo sostenible: social, ambiental y económica. Una alumna tutora del año 2016, ya recibida de ingeniera industrial, se incorporó además como Ayudante Diplomada a la cátedra y tomó la coordinación del TPI 2017, trabajando sobre las oportunidades de mejora surgidas de su ayudantía como tutora. Se encargó de la capacitación, seguimiento y asistencia de la nueva camada de tutores alumnos. Se debe tener en cuenta, que son alumnos de quinto año y en muchos casos, la participación en el TPI como tutores es su primera incursión en la docencia. Por tanto es muy útil el acompañamiento y consejo de un par recientemente inserto en el mundo laboral, con la previa experiencia de esa misma ayudantía. Asimismo coordinó la participación de los profesores evaluadores en la presentación final y actuó de nexo entre la cátedra y los tutores.

El TPI 2017 tiene por objetivo contribuir al desarrollo de cuatro competencias genéricas de egreso del ingeniero argentino consensuadas por el CONFEDI [9], las dos primeras tecnológicas y las dos siguientes del área social, política y actitudinal, a saber:

- Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.
- Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- Competencia para comunicarse con efectividad.

La dimensión contenido teórico (conocimientos) de cada una de estas competencias se corresponde con los siguientes temas desarrollados en la asignatura:

- Método de ingeniería para solución de problemas. Proceso de diseño. Evaluación y selección de la mejor solución. Técnicas de torbellino de ideas.
- Diagrama de Gantt.
- Actividad individual vs. actividad grupal. Elementos de la dinámica de grupo: objetivos, relaciones interpersonales, roles, liderazgo. Características de un equipo exitoso.
- Medio ambiente. Ecología. Contaminación. Desarrollo sostenible. Huella ecológica. Ecología integral, sostenible y humana. Código de ética ambiental del Ingeniero.

Para la comunicación escrita del TPI (Informes de avance, Informe final y Póster) se brindan, a través de plantillas prediseñadas a completar, pautas claras a respetar y cumplir.

Para la exposición del TPI se utiliza una rúbrica (ver Anexo), armada en dos categorías, Póster y Comunicación oral. Cada categoría está abierta en indicadores que mediante descriptores de logro, establecen criterios para la evaluación. Este instrumento se brinda a los alumnos desde el comienzo, acompaña todo el proceso y constituye una “hoja de ruta” que muestra las expectativas sobre la exposición del TPI organizadas en diferentes niveles de cumplimiento [10].

Desde este año, se ha hecho especial énfasis en el desarrollo de competencias genéricas de egreso tanto en alumnos de primer año como en alumnos de quinto que realizan la tarea de tutores del TPI.

2.2. Método de trabajo, etapas y actores intervinientes

La cátedra designa los equipos de trabajo constituidos por 4 o 5 alumnos elegidos aleatoriamente cuidando que en cada uno haya estudiantes de Ingeniería Industrial e Informática y evitando la agrupación espontánea por amistades. Se procura de esta manera, recrear condiciones parecidas a las que encontrarán en la actividad profesional donde los equipos de trabajo están habitualmente compuestos por personas de diferentes perfiles, que muchas veces no se conocen al comenzar a trabajar. A cada equipo se le designa un tutor alumno de quinto año, responsable del seguimiento y monitoreo así como de la coordinación y supervisión de las reuniones de avance previstas en el desarrollo del trabajo.

Una vez establecidas la consigna general y las pautas de trabajo, los pasos a seguir por los equipos de alumnos de primer año son los siguientes:

1. Identificar y definir un problema/oportunidad de mejora.
2. Identificar las restricciones que guarden relación con el problema/oportunidad de mejora.
3. Proponer y discutir posibles alternativas de solución.
4. Elegir la solución más adecuada con su respectiva justificación,
5. Elaborar el plan de ejecución de la solución propuesta (Diagrama de Gantt).

Los problemas a evaluar pueden tener diferentes envergaduras (gran inversión, una simple idea ingeniosa, etc.). El valor a cuidar en este aspecto es que el trabajo en sí, sea real, serio, completo y esté adecuadamente justificado.

Se establecen tres instancias de seguimiento y orientación del tutor a las que deben asistir obligatoriamente todos los integrantes del equipo en horarios fuera del dictado de la asignatura. Estas reuniones son de trabajo, requieren preparación previa (asistir con el material indicado) y deben ser breves (20 minutos), procurando inculcar así en los alumnos de primer año seriedad y respeto por los tiempos. Esto es muy importante, no solamente porque los tutores cuentan con tiempo escaso, la mayoría trabaja y estudia, sino también porque es una práctica común en las empresas. Los equipos deben además, consultar y recibir el consejo de al menos un experto en alguna de las áreas de análisis o estudio a contactar ellos mismos. El experto puede ser un profesor de la facultad (en estos casos es muy útil el consejo y orientación del tutor), un profesional externo o persona adulta que conozca el problema o se relacione con la solución propuesta. Ej.: asesoramiento para evaluar las restricciones del problema o para realizar el análisis medioambiental, para evaluar los aspectos técnicos de una posible solución, para estimar un presupuesto de implementación, etc.

El Trabajo Práctico Integrador finaliza con los siguientes productos:

- Informe final escrito en equipo.
- Póster explicativo en equipo
- Exposición oral individual de todos los integrantes del equipo
- Maqueta de la solución adoptada (de carácter opcional)

Los Informes de avance a presentar en las reuniones con el tutor, como así también el Informe final escrito tienen plantillas de formato preestablecidos a respetar y cumplir. Se exige especialmente el cuidado del producto a entregar en lo que hace a la profundidad y coherencia de los contenidos y el cumplimiento de la consigna, así como sintaxis, ortografía, citas bibliográficas, identificación de figuras y tablas, etc. La evaluación del proceso de trabajo (participación, cumplimiento de plazos, iniciativa, responsabilidad, compromiso, etc.) y del Informe final del TPI (contenido y forma) la realizan los tutores que son quienes acompañaron, orientaron y vieron la evolución de sus respectivos equipos. La exposición oral del TPI la evalúan profesores de la Facultad especialmente invitados como evaluadores. Utilizan una rúbrica especialmente diseñada para el TPI (ver Anexo 1) con el objetivo adoptar criterios comunes de evaluación.

El objetivo del Póster es mostrar visualmente la información necesaria para entender el proceso llevado a cabo en el trabajo y las conclusiones a las que se arribaron. También debe respetarse una plantilla y constituye la referencia visual que apoya la Exposición oral que el equipo lleva a cabo ante profesores evaluadores. Estos últimos son profesores de la Facultad de Ingeniería especialmente invitados para evaluar, de a dos, a los equipos de alumnos. En la exposición oral los integrantes del equipo deben organizarse de modo que todos puedan participar. Los evaluadores califican el Póster y la Exposición oral de acuerdo con la rúbrica antes mencionada que establece indicadores de logro y unifica criterios comunes de evaluación.

A modo de resumen, la Figura 2 esquematiza los actores intervinientes en el TPI: alumnos de primer año organizados en equipos (24), son guiados por tutores alumnos de quinto año (8). A su vez, la Ayudante Diplomada capacita y coordina a los tutores y actúa de nexo con la cátedra. Los profesores de la asignatura dictan los temas teóricos que se aplican en el TPI. Para cuestiones específicas participan expertos, que puede ser externos a la facultad. En la Exposición oral colaboran también, en calidad de Evaluadores, profesores de ambas carreras, Industrial e Informática.

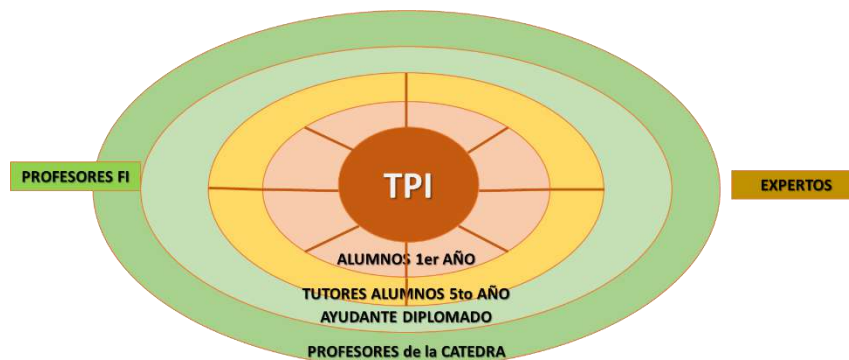


Figura 2 Actores intervinientes en el TPI

3. EVALUACIÓN DEL PROCESO Y DE LOS RESULTADOS

La evaluación del TPI, en razón de los objetivos y del modo de trabajo, conlleva un abordaje multidimensional donde importan no sólo los resultados logrados, sino también muy especialmente el proceso llevado a cabo para el desarrollo de las competencias genéricas de egreso prefijadas.

Los instrumentos empleados para acompañar y evaluar el desarrollo del TPI son los siguientes:

- Informes de avance a presentar por equipo en cada reunión
- Reuniones de avance del equipo con su tutor (presenciales)
- Reuniones de los tutores con la Ayudante Diplomada (presenciales y virtuales)
- Reuniones de la Ayudante Diplomada con los profesores de la cátedra (presenciales)
- Informe Final escrito por equipo
- Póster por equipo
- Exposición oral individual de todos los integrantes de cada equipo
- Rúbrica de evaluación de la exposición oral y Póster (profesores Evaluadores invitados)
- Encuesta de Satisfacción del TPI de alumnos de primer año (con preguntas cerradas y abiertas)
- Autoevaluación de los tutores sobre las competencias genéricas desagregadas en capacidades puestas en juego en su tarea
- Reunión de evaluación final de todos los tutores, ayudante y profesores de la cátedra (presencial)

En primer lugar se destaca que todos los equipos cumplieron con los objetivos mínimos del TPI en relación con la consigna, el modo de trabajo establecido y el contenido requerido. Se observó un gran interés por parte de los estudiantes de primer año en el desarrollo del TPI. Los temas elegidos respondieron a las consignas dadas, identificándose problemas existentes en la realidad local de los alumnos.

A continuación se analizará, para cada una de las cuatro competencias establecidas desagregadas en las capacidades constitutivas, cuáles fueron los resultados obtenidos respecto de los alumnos de primer año (cursantes) y de los de quinto año en su trabajo de tutores, cada uno en su rol respectivo. El trabajo realizado por estos actores fue diferente, así también como el modo de poner en acto las capacidades.

Se presentan a continuación, resultados que surgen de la Encuesta de satisfacción (alumnos primer año), de la Autoevaluación de competencias (tutores), de la Rúbrica de la exposición oral (profesores evaluadores) y comentarios documentados de las diferentes reuniones celebradas.

3.1. Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería

- Identificar una situación presente o futura como problemática.
- Identificar y organizar los datos pertinentes al problema.
- Ser capaz de evaluar el contexto particular del problema e incluirlo en el análisis.
- Generar diversas alternativas de solución a un problema ya formulado.
- Desarrollar criterios profesionales para la evaluación de las alternativas y seleccionar la más adecuada en un contexto particular.
- Valorar el impacto sobre el medio ambiente y la sociedad, de las diversas alternativas de solución.

3.1.1. Alumnos de primer año

De la encuesta de satisfacción surge que hay una buena vinculación entre los temas teóricos desarrollados en la asignatura (indicados en 2.1) y su aplicación concreta, práctica y real en el TPI. Particularmente importante para esta competencia es la aplicación del método de ingeniería para la resolución de problemas y la aplicación del concepto de desarrollo sostenible. La Figura 3 indica que el 84% de los alumnos califican como bastante (70%) o total (14%) dicha vinculación teoría-práctica.

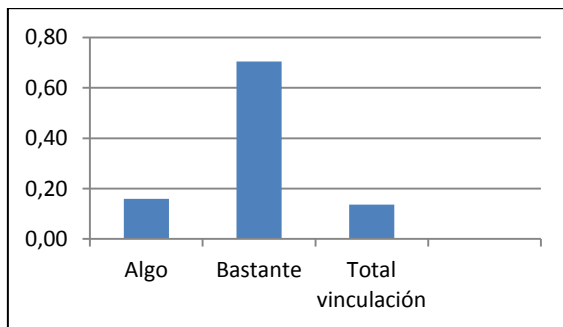


Figura 3 ¿Cuánta vinculación tuvo el TPI con los temas teóricos de "Introducción a la Ingeniería"?

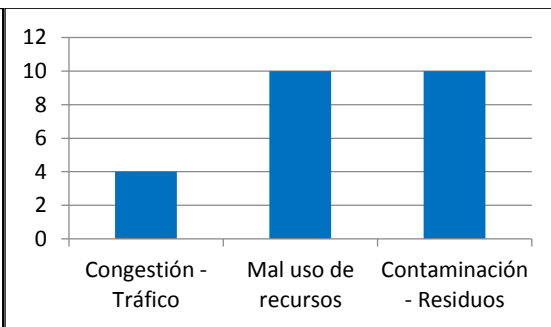


Figura 4 Temas elegidos para el TPI 2017

Como ya se ha comentado anteriormente, todos los equipos cumplieron con los objetivos mínimos del TPI. Para ello debieron poner en acto y en una situación concreta real por ellos elegida cada una de las capacidades indicadas en 3.1. En la Figura 4 se indica la distribución de temas abordados. Como allí se observa, estos jóvenes tienen una gran sensibilidad y preocupación por la problemática ambiental: contaminación, generación de residuos y mal uso de recursos constituyen el 83% de los temas de problemas elegidos para trabajar.

De la encuesta de satisfacción, a la pregunta abierta ¿qué te pareció lo más positivo del TPI?, surgen las siguientes respuestas textuales de los alumnos de primer año:

- “.. la posibilidad de tener un primer vistazo de lo que significa ser ingeniero, adentrándonos también en aspectos tan importantes como el desarrollo sostenible.”
- “.. en mi humilde opinión, fue el hecho de forzarnos a partir de nula experiencia en resolución de problemas de este tipo y escasa experiencia en la búsqueda de información e ingenio en la resolución de problemas, me llevó a esforzarme mucho para lograr el objetivo y desarrollar características de un ingeniero, notando además que logré desarrollar algoritmos para futuros proyectos, teniendo una idea base de cómo se debe encarar estas ciertas situaciones.”
- “Aprender a tener una idea de lo que es el trabajo como ingeniero”.
- “... fue poder elegir una problemática y desarrollarla, el trabajo en equipo y la sensación de desarrollar un proyecto "propio" y no impuesto, suma muchísimo valor al proyecto, debido a que uno investiga, calcula y "trabaja" con motivación, sabiendo que el proyecto nació de una buena idea, y está dispuesto a desarrollarla.”
- “Que me dio un acercamiento a lo que será mi desarrollo como profesional y que me ayudó a concientizar sobre el cuidado del medio ambiente.”

3.1.2. Alumnos Tutores de quinto año

La tarea de *coach* de los tutores consistió en encaminar y aconsejar a los equipos en la elección del problema y su delimitación, en la búsqueda de alternativas y su análisis de factibilidad. Por último, ayudar a ahondar en la elección de la solución y su justificación contemplando los tres pilares del desarrollo sostenible.

Se transcriben algunos comentarios textuales de la Encuesta de satisfacción relativos al trabajo de los tutores:

- “Agradezco a mi *coach*, debido a que logró, mediante sugerencias que me llevaron deducir, el verdadero objetivo del TPI, lo cual me hizo reflexionar respecto varios puntos de la carrera y de mi futuro como profesional.”
- “Gran disponibilidad y trato, fue un gran guía para el equipo. Gracias Agustín!”
- “Muy buen guía y persona. Nos ayudó siempre con lo que necesitábamos y siempre supo responder a nuestras preguntas.”

La interacción del alumno de primer año, recién llegado en la mayoría de los casos, al mundo universitario, con su tutor, alumno de quinto año, cercano a recibirse y desarrollándose en el ámbito laboral, fue muy positiva, destacando por sobre todo la disponibilidad de sus tutores y el compromiso con que asumieron su rol. La Figura 5 muestra los resultados generales de la Encuesta de satisfacción relativos a la experiencia vivida por los alumnos de primer año respecto del acompañamiento del tutor. Hay un gran reconocimiento y una excelente valoración del trabajo realizado por el tutor.

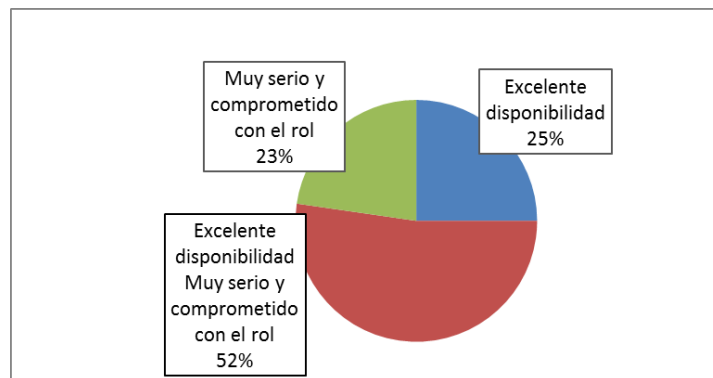


Figura 5 ¿Cómo fue la experiencia con tu tutor?

Respecto de la acción de los tutores en relación con competencia “Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería”, se destacan los siguientes comentarios de la Autoevaluación acerca de su rol y de las acciones realizadas como *coach*:

- “Orientar para investigar, analizar el entorno en el que nos movemos todos los días, prestar atención a las necesidades de los demás e identificarlas como oportunidades de mejora o lugar para tomar acción.”
- “Encaminar a los equipos en la elección del problema, búsqueda de alternativas, evaluación y elección de la solución.”
- “Teniendo en cuenta las restricciones, ayudar a delimitar la solución a un ámbito aplicable.”
- “Comprender que algunos problemas me pueden superar, por conocimientos o por experiencia, y saber pedir ayuda”.
- “Brindar la atención suficiente al trabajo, tomando en serio el rol de líder de equipos para poder realizar un trabajo de excelencia y poder brindar un ejemplo a los alumnos.”

3.2. Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería

- Identificar y seleccionar las técnicas y herramientas disponibles.
- Utilizar y/o supervisar la utilización de las técnicas y herramientas

En el TPI se aplican los pasos del método de la ingeniería para la resolución de problemas y se elabora un gráfico de Gantt para la implementación de la solución elegida.

3.2.1. Alumnos de primer año

Como ya se mencionó, la Figura N° 3 muestra la vinculación del TPI con los temas desarrollados en clase entre los cuales, se dio especial relevancia a los pasos a seguir en el método de ingeniería y al uso del diagrama de Gantt. El cumplimiento de esta consigna, la utilización correcta de dichas herramientas, se apreció en los Informes finales.

3.2.2. Alumnos tutores de quinto año

Desde el rol del tutor se destacan las siguientes acciones realizadas:

- “Fomentar que se aprovechen al máximo las herramientas disponibles, que el equipo investigue, busque opiniones y asesoramiento de externos que estén en contacto con el problema o que puedan ayudar en la implementación de la solución.”
- “Capacitar, entrenar, aplicar, supervisar herramientas como el Gantt y pasos del método de ingeniería.”
- “Aplicar herramientas como el Gantt para planificar el proyecto, ayudando a los alumnos a usarlas y entender su importancia.”

De la Reunión de evaluación final de tutores, Ayudante Diplomada y profesores de la cátedra surge el siguiente comentario: “La incorporación del diagrama de Gantt y los pasos del método de diseño de ingeniería fueron todo un desafío para los alumnos. Si bien fueron temas vistos en clase a los alumnos les costó mucho aplicarlos y los tutores debimos explicarlos, en las reuniones de avance, porque no sabían cómo llevarlos a la práctica”. De los comentarios anteriores surge que los tutores ejercieron no sólo el rol de supervisión, sino también, de capacitación *ad hoc* en la implementación de las herramientas mencionadas.

3.3. Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo

- Identificar las metas y responsabilidades individuales y colectivas y actuar de acuerdo a ellas.
- Reconocer y respetar los puntos de vista y opiniones de otros miembros del equipo y llegar a acuerdos.

- Asumir responsabilidades y roles dentro del equipo de trabajo.

Como ya se indicó, el modo de trabajo establecido para el TPI fue en equipo de cuatro o cinco integrantes, alumnos de Ingeniería Industrial e Informática que en su gran mayoría no se conocían previamente. Debieron acordar distintas ideas y propuestas, distribuir las tareas, adoptar diferentes roles y modos de comunicación para poder lograr por sobre todo, el objetivo común del trabajo. Cada uno de los 24 equipos contó con la asistencia de un tutor, quien tuvo a su cargo tres equipos.

3.3.1. Alumnos de primer año

En la Figura 6 se muestran los resultados respecto de cómo califican los alumnos su propia participación en el desarrollo del TPI. El 73% considera que su participación fue mucho (34%) o bastante (39%), entendiendo ambos resultados como superior a la media, normal (23%), lo cual indica un fuerte compromiso e interés por el TPI.

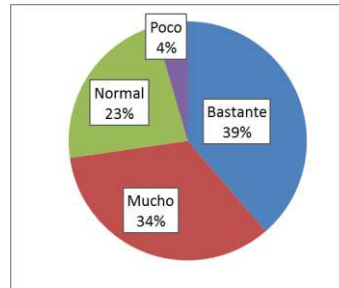


Figura 6 ¿Vos personalmente, cuánto participaste?

A continuación se incluyen una selección textual de respuestas a la pregunta “¿Qué te pareció más positivo del TPI?”:

- “Aprender a trabajar en equipo. O al menos vivir la experiencia.”
- “El desafío de trabajar con personas de personalidades, motivaciones y predisposiciones diferentes.”
- “La idea de mezclar alumnos de ambas carreras me parece interesante, y, personalmente le encuentro bastante aspectos positivos a cualquier tipo de trabajo en equipo (mientras se trabaje seriamente y con respeto).”

Se puede concluir que se valora positivamente la experiencia de trabajo en equipo y el enriquecimiento que significa la diversidad.

3.3.2. Alumnos tutores de quinto año

Respecto del trabajo de acompañamiento de los tutores a los equipos, pueden destacarse en sus propias palabras, las siguientes acciones realizadas:

- “Acordar con los equipos las sugerencias y las fechas objetivo a cumplir.”
- “Incentivar al equipo para el desarrollo del trabajo, fomentar el desarrollo de ideas y la participación de todos los integrantes, ayudando a asumir el trabajo como propio”
- “Liderar los equipos respetando sus puntos de vista.”
- “Saber identificar las metodologías relevantes para el objetivo determinado en cada uno de los equipos.”
- “Promover el debate entre todos los integrantes de los equipos.”
- “Promover la importancia de interrelacionarse al trabajar en equipo”
- “Asumir el rol de conductor en las reuniones con los equipos, y de mediador en los debates que se generaban, mostrando oportunidades de mejora y debilidades.”

De la Encuesta a los alumnos de primer año surge espontáneamente agradecimiento a la tarea y al modo de conducción ejercido por los tutores.

- “Agradezco a mi *coach*, debido a que logró, mediante sugerencias, que me llevaron deducir, el verdadero objetivo del TPI, lo cual me hizo reflexionar respecto varios puntos de la carrera y de mi futuro como profesional. Admiro que el coach se haya colocado en el rol de compañero, dando sugerencias y no como un jefe, bajando directivas; admiro además su posición formal y técnica respecto al TPI, tratando el proyecto como si fuera una realidad profesional y no simplemente una práctica; además cabe recalcar que nos dio sugerencias respecto a la cursada de la carrera, ajenas al trabajo, lo cual se agradece.”
- “Nos dio seguridad acerca de cómo estaba preparado nuestro TPI, y nos guió bastante.”

3.4. Competencia para comunicarse con efectividad

- Seleccionar las estrategias de comunicación en función de los objetivos y de los interlocutores y de acordar significados en el contexto de intercambio.
- Producir e interpretar textos técnicos (memorias, informes, etc.) y presentaciones públicas.

En el TPI se pone en juego la comunicación en sus distintas dimensiones: formal e informal, entre pares alumnos, entre el equipo y su tutor, entre el equipo y el experto, entre el equipo y los Evaluadores, tanto en forma oral como escrita durante el proceso de trabajo. También se evidencian los resultados en los productos finales alcanzados, Informe final, Póster y Exposición.

3.4.1. Alumnos de primer año

El objetivo de la exposición es que los alumnos puedan explicar el desarrollo de su trabajo, argumentar sus decisiones, responder preguntas y vivir, desde el comienzo de su carrera universitaria, una experiencia formal de presentación de un trabajo propio, tal como podrán encontrar en su futura actividad profesional. A continuación se presentan en la Figura 8 los resultados de la evaluación de la exposición mediante una rúbrica (ver Anexo) en sus dos categorías, Póster (comunicación escrita gráfica) y oral (explicación del TPI con participación de todos los miembros del equipo).

Respecto de la evaluación del Póster, el indicador “Contenido” resultó el mejor evaluado, alcanzando un 75% la calificación Muy Bien. El indicador “Aspectos formales”, en cambio, alcanzó en un 67% la calificación Muy Bien. Un 4% de los Pósters fue evaluado en este indicador como Regular.

En referencia a la Exposición oral, se destacan los “Aspectos formales” mayoritariamente (79%) como Muy Bien: *Todos los integrantes del equipo cuidan su presentación personal, las posturas y gestos*. Esto demuestra que los alumnos toman con mucha seriedad esta actividad de cierre, por ejemplo, han concurrido ese día vestidos más formalmente que de costumbre. Los indicadores “Contenido” y “Participación” han sido calificados Muy bien en un 63% y 58% respectivamente (Figura 7).

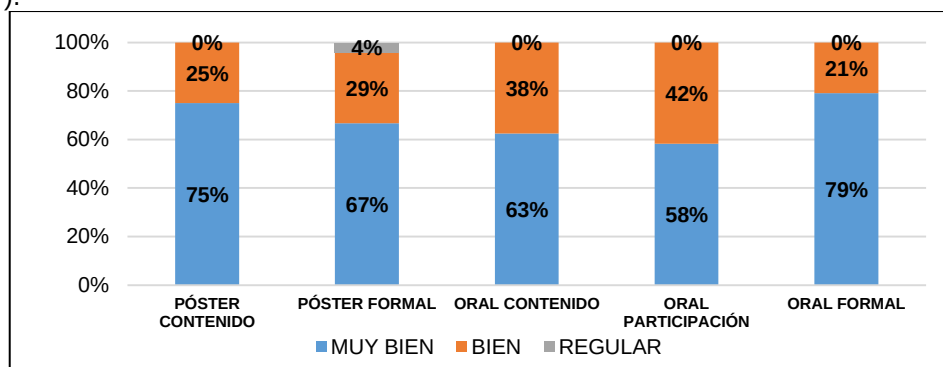


Figura 7 Resultados de la Rúbrica de Evaluación (Póster y exposición oral)

Las calificaciones numéricas de la evaluación de la exposición dan en promedio una nota 8 según surge de la distribución de calificaciones indicadas en la Figura 8.

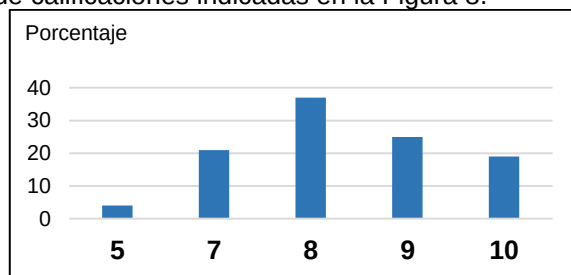


Figura 8 Distribución porcentual de calificaciones de la exposición oral

Los resultados son muy buenos, considerando que se trata de alumnos de 1° año, recién ingresados a la carrera, sin experiencia en realizar trabajos de este tipo y con estas exigencias.

3.4.2. Alumnos tutores de quinto año

En relación con la competencia “Comunicación”, los tutores destacan las siguientes acciones realizadas:

- “Procurar comunicar con simplicidad y claridad a la hora de hacer correcciones”.
- “Al tener tres equipos distintos, analizar e interpretar la forma de comunicación más efectiva en cada uno de ellos.”
- “Extraer las ideas centrales de los TPI entregados por los equipos y analizar la validez de esa información.”
- “Desarrollar un canal de comunicación efectivo para coordinar reuniones, atender consultas y demás elementos pertinentes del proyecto.”
- “Cuidar las formas a pesar de la informalidad que puede darse naturalmente al ser los tutores también alumnos.”

- “Interpretar lo que el equipo quiere decir para respetar su opinión, no exigirles de más y no invadir su trabajo.”

Como surge de estos comentarios, los tutores, por su cercanía en edad, tuvieron el desafío de mantener su rol sin perder confianza, interpretar las opiniones de cada equipo, validar la información y establecer exigencias de cumplimiento respetando la libertad de cada equipo.

4. CONCLUSIONES

La identificación de problemas y su resolución es la tarea básica de todo ingeniero. Por tanto comenzar esto desde el inicio de la carrera permite acercar a los alumnos a la realidad del futuro ejercicio profesional.

El objetivo del TPI desarrollado en un ámbito de la realidad local que forma parte de la vida cotidiana de los propios alumnos, permite poner en acto las capacidades subyacentes a las dos competencias tecnológicas seleccionadas: identificación y resolución de problemas y aplicación de métodos y herramientas de ingeniería. En particular se destacan los pasos del método de diseño de ingeniería, la técnica de torbellino de ideas para la búsqueda de soluciones, la consulta a expertos y la elaboración del diagrama de Gantt para la implementación de la solución elegida. La actuación de los tutores, alumnos de quinto año insertos en el mundo laboral, refuerza y realimenta positivamente este proceso. Así se potencian las posibilidades de aprendizaje, lo nuevo adquiere sentido, se visualiza su importancia, y se logra pertinencia en la aplicación mediante el asesoramiento por un par. Merece destacarse el compromiso afectivo establecido entre los equipos con su tutor.

Asimismo el modo de trabajo establecido para el TPI permite el desarrollo de capacidades relativas al trabajo en equipo y a la comunicación. Los equipos de alumnos de ambas carreras, con la guía de un tutor, interactúan entre ellos acordando ideas, distribuyendo tareas y cumpliendo exigencias de plazo. La elaboración de los tres productos finales (Informe, Póster y Exposición) pone en ejercicio habilidades de comunicación tanto escrita y gráfica como oral.

Todos los equipos cumplieron con los objetivos mínimos del TPI en relación con la consigna, el modo de trabajo establecido y el contenido requerido. Se observó un gran interés por parte de los estudiantes de primer año en el desarrollo del TPI.

A su vez, los alumnos de quinto año en su rol de tutor, pusieron en juego capacidades de supervisión, capacitación, liderazgo y conducción de equipos en pos de un objetivo a cumplir. Pueden destacarse especialmente la comunicación efectiva y eficiente de acuerdo con las características de sus destinatarios, así como la actuación con responsabilidad sabiendo el ascendiente que su conducta ejerce sobre alumnos de primer año. El fuerte compromiso con que los tutores asumieron su tarea fue percibido y valorado con gratitud por los alumnos de primer año. En esta interrelación entre alumnos asesorados de primer año y alumnos tutores próximos a recibirse se establece el concepto de “dar y recibir” enunciado en el título de este trabajo, resultando en un mutuo enriquecimiento de habilidades y capacidades subyacentes a las competencias establecidas.

5. REFERENCIAS

- [1] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2005). “La definición y selección de competencias clave. Resumen ejecutivo” (DeSeCo). Disponible en: <http://deseco.ch/bfs/deseco/en/index/03/02.parsys.78532.downloadList.94248.DownloadFile.tmp/2005.dscexecutivesummary.sp.pdf> (consultado el 30/8/2017)
- [2] De Miguel Díaz, Mario *et al.* (2006). “Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias” *Ediciones de la Universidad de Oviedo*. Oviedo.
- [3] Tobón, Sergio (2006). “Formación basada en competencias”. *Ecoe*. Ediciones Ltda. Segunda Edición. Bogotá.
- [4 y 6] Mastache, Anahí (2007). “Formar personas competentes. Desarrollo de competencias profesionales y psicosociales”. Editorial Noveduc. Buenos Aires.
- [5] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (2010). “La Formación del Ingeniero para el Desarrollo Sostenible”. *Congreso Mundial Ingeniería 2010*. Buenos Aires, Argentina.
- [7 y 9] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (2014). “Competencias en ingeniería”. Mar del Plata. 1ª Edición. Universidad FASTA Ediciones. Argentina. Disponible en:
- [8] Moya, María Angélica, Cassol Ignacio; Mattio, Roberto. (2016). “Integrando la realidad al aprendizaje desde primer año”. *III Congreso Argentino de Ingeniería. IX Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería 2016*. Resistencia, Argentina.
- [10] Alsina Masmitjà, Josep *et al.* (2016) “Rúbricas para la evaluación de competencias”. *Cuadernos de docencia universitaria* 26. Ediciones OCTAEDRO. Barcelona.

Agradecimiento

Los autores agradecen muy especialmente la excelente tarea realizada por los tutores alumnos de del TPI 2017: Juan Francisco Abrecht, Nicolás Esteban Badell, Ezequiel María Hardoy, Julieta Mariel Vanella, Agostina Belluzzo, Francisco Bory y Agustín Espósito.

INTRODUCCION a la INGENIERIA

Rúbrica para la Evaluación por equipo de la Exposición del TPI 2017

Equipo N°:.....

Integrantes:.....

Tutor del Equipo:.....

EVALUACION INDICADOR	MUY BIEN		BIEN		REGULAR	
COMPETENCIA COMUNICACIÓN ESCRITA -- PÓSTER TPI						
FORMAL	Es claro en su organización de contenidos y atractivo visualmente (usa colores y tamaño adecuado de letra)		Son adecuadas sus partes, pero no resulta fácil su lectura (letra demasiado chica, errores ortográficos, falta de contraste, etc.)		No es claro en su organización ni resulta fácil su lectura (letra chica, errores ortográficos, falta contraste o resolución de imágenes).	
CONTENIDO	Expresa sintéticamente lo actuado en forma, clara, completa y bien justificada.		Expresa parcialmente lo actuado o falta capacidad de síntesis/justificación .		No es claro ni completo para explicar lo actuado.	
COMPETENCIA COMUNICACIÓN ORAL - EXPLICACION TPI						
PARTICIPACIÓN	Todos los integrantes del equipo hacen aportes ordenadamente a la explicación del TPI.		Algunos integrantes del equipo intervienen sólo a requerimiento y/o en forma desordenada.		La mayoría de los integrantes del equipo repite lo ya dicho por otros y/o hay miembros que no intervienen.	
FORMAL	Todos los integrantes del equipo cuidan su presentación personal, las posturas y gestos.		Algún integrante del equipo no cuida su presentación personal, las posturas y gestos.		La mayoría de los integrantes del equipo no cuidan su presentación personal, las posturas y gestos.	
CONTENIDO	Todos los integrantes del equipo se expresan en forma clara, concisa y usan vocabulario técnico específico.		Algunos integrantes del equipo no tienen un adecuado manejo de vocabulario técnico y/o claridad conceptual.		La mayoría de los integrantes del equipo no tienen un adecuado manejo de vocabulario técnico y/o claridad conceptual.	

Profesores Evaluadores:.....

Calificación final (numérica):.....

Acciones de Responsabilidad Social vinculadas a prácticas profesionales en la UTN Regional San Nicolás

La Educación en la Ingeniería Industrial

*Gallegos, María L., Cinalli, Marcelo, Kern, Silvia, Sager, Carolina, Gómez, Carlos

*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Nicolás
Colon 332, San Nicolás, Buenos Aires, Argentina
mgallegos@frsn.utn.edu.ar*

RESUMEN

Uno de los grandes desafíos de nuestras universidades es vincular la Responsabilidad Social Universitaria (RSU) a las disciplinas que diariamente abordamos en nuestras clases. En particular, este desafío se debe dar en un contexto pedagógico que exija el respeto por los principios de la responsabilidad social y que, además, vele por el cumplimiento de los cuatro impactos centrales identificados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID): impactos educativos, organizacionales, sociales y cognitivos.

La tarea no es sencilla. De todas maneras, en la búsqueda de contribuir con la RSU desde nuestra praxis cotidiana, este trabajo describe dos experiencias que reúnen las características antes mencionadas. En primer término se describe un trabajo colaborativo entre la Facultad y el Municipio de San Nicolás para mejorar la gestión de trámites mediante el modelo de gobierno electrónico y, en segundo lugar, se explica un proceso innovador de capacitación destinado a agentes municipales. Ambas acciones se enmarcan en las Prácticas Profesionales Supervisadas (PPS) de la carrera Ingeniería Industrial dictada en la Facultad Regional San Nicolás (FRSN) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN). Las mismas se realizaron en la Municipalidad de San Nicolás (MSN), específicamente en la Dirección de Modernización dependiente de la Secretaría de Gobierno.

El estudio es de carácter descriptivo y utiliza como estrategias de recolección de información la observación directa, entrevistas y cuestionarios semi-estructurados. Sus resultados permiten concluir que los alumnos no sólo cumplen con las exigencias curriculares aplicando conocimientos disciplinares, sino que también logran identificar y resolver necesidades de impacto social durante el proceso de aplicación de sus prácticas.

Palabras Claves: responsabilidad social universitaria, práctica profesional supervisada, gestión organizacional.

ABSTRACT

One of the great challenges of our universities is to link the University Social Responsibility (RSU) to the disciplines that we address daily in our classes. In particular, this challenge must be given in a pedagogical context that demands respect for the principles of social responsibility and, in addition, ensure compliance with the four central impacts identified by the Inter-American Development Bank (IDB): educational impacts, organizational, social and cognitive.

The task is not simple. However, in the search to contribute to the RSU from our daily praxis, this paper describes two experiences that meet the characteristics mentioned above. First, a collaborative work between the Faculty and the Municipality of San Nicolás is described to improve the management of formalities through the electronic government model and, secondly, an innovative training process for municipal agents is explained. Both actions are framed in the Supervised Professional Practices (PPS) of the Industrial Engineering course given at the San Nicolas Regional Faculty (FRSN) of the National Technological University (UTN). They were carried out in the Municipality of San Nicolás (MSN), specifically in the Directorate of Modernization dependent on the Secretary of Government.

The study is descriptive and uses as direct information gathering strategies, interviews and semi-structured questionnaires. Their results allow us to conclude that students not only meet the curricular requirements by applying disciplinary knowledge, but also manage to identify and solve social impact needs during the process of applying their practices.

Keywords: University social responsibility, supervised professional practice, organizational management.

1. INTRODUCCION

Se ha impulsado recientemente la Responsabilidad Social Universitaria como una derivación lógica de la Responsabilidad Social Empresaria. Sin embargo, poco se comenta sobre el desafío que la implementación de esta práctica supone para el proceso de enseñanza-aprendizaje y la mejora de la gestión, tanto en la propia estructura de las unidades académicas como en la promoción e implementación en otras organizaciones, denominada comúnmente el ambiente o ámbito de influencia posible de la universidad.

Uno de los desafíos pendientes en nuestras facultades es saber cómo vincular las propias disciplinas que cotidianamente impartimos en las aulas con las actividades de RSU, actualmente en expansión en muchas instituciones.

Aceptamos de buen grado diferentes acciones de responsabilidad social que son muchas veces “externas” a nuestras prácticas cotidianas. Así hablamos de no contaminar nuestro ambiente, de sostener un consumo y uso responsables de materiales proponiendo el reciclaje, promovemos prácticas racionales de seguridad, entre otras cosas. Pero el interrogante aquí planteado es: *¿Qué actividades directamente vinculadas a las disciplinas de enseñanza de nuestras especialidades pueden reunir los requisitos que, respetando los principios de la responsabilidad social, cumplan con los cuatro impactos centrales identificados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID): impactos educativos, impactos organizacionales, impactos sociales, e impactos cognitivos?*

Nuestro interés es buscar la manera de contribuir con conocimientos y la tarea cotidiana, dentro del área genérica de la Ingeniería Industrial, en acciones que mejoren de manera integrada diferentes pilares esenciales de la Responsabilidad Social Universitaria.

Distintas actividades desarrolladas por el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional San Nicolás (UTN-FRSN) pueden responder al menos parcialmente a este vacío cognitivo y representar vías posibles de acción que impliquen vincular la responsabilidad social universitaria con las prácticas pedagógicas. Impulsando el aprendizaje de los alumnos para que descubran nuevas posibilidades de colaboración con el medio no habitual y promoviendo en los docentes un sentido de trascendencia en las prácticas profesionales, más allá de la finalidad puramente curricular. En síntesis, se intenta que tanto docentes como estudiantes descubran nuevos significados para interpretar sus acciones, ampliando así el horizonte cognitivo de sus tareas.

Otorgando una muestra de este proceso, el presente trabajo describe en primer lugar, una acción colaborativa entre la Universidad y el Municipio de San Nicolás para mejorar la gestión de trámites mediante el modelo de gobierno electrónico y, en segundo término, explica un proceso innovador de capacitación destinado a agentes municipales. Ambas acciones se enmarcan en las Prácticas Profesionales Supervisadas (PPS) de la carrera Ingeniería Industrial dictada en la Facultad Regional San Nicolás (FRSN) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN). Las prácticas fueron realizadas en la Municipalidad de San Nicolás (MSN), específicamente en la Dirección de Modernización dependiente de la Secretaría de Gobierno.

2. ANTECEDENTES Y MARCO CONCEPTUAL

La Ord. 973 del Consejo Superior de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) exige la acreditación de doscientas (200) horas de práctica profesional supervisada (PPS) para las carreras de ingeniería [1]. Del mismo modo, aporta el cumplimiento de la resolución 1232/01 del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología acerca de la intensidad de la formación práctica para la enseñanza de las carreras de ingeniería. Por su parte, la Ordenanza 1114 del Consejo Superior Universitario (CSU) de la UTN, que aprueba el diseño curricular de la carrera Ingeniería Industrial [2], establece requerimientos referidos a la formación tanto en ciencias básicas como en ciencias aplicadas, balance entre teoría y práctica, la satisfacción de las expectativas vocacionales en el marco del desarrollo profesional, la integración de conocimientos, desarrollo de competencias, entre otras cuestiones.

La fundamentación de dicha práctica (Ord 973/UTN) reside en *“desarrollar la formación científico-técnica actualizada y adecuada a las necesidades de un medio que está en continua evolución, promover la integración entre la formación del estudiante y el ejercicio profesional, desarrollar el espíritu crítico, independiente, innovador, de síntesis y de concreciones, promover el trabajo creativo del alumno y fomentar el trabajo en equipo dentro de la empresa u otros ámbitos laborales donde realice su práctica supervisada, aportar experiencia práctica de la formación teórica de la especialidad que habilita para el ejercicio de la profesión, ofrecer la posibilidad de conocer y manejar tecnologías actualizadas, estimular la concreción de convenios vigentes y por celebrarse con empresas y organismos públicos y/o privados de la zona que brinden la posibilidad de crear dentro de ellas un ámbito donde los alumnos puedan efectivizar la práctica supervisada”*.

La Resolución 150/03 de Consejo Académico de FRSN [3] define a la práctica profesional supervisada como *“la extensión orgánica de la Facultad Regional San Nicolás en el ámbito de*

sectores productivos y/o de servicios o bien en proyectos concretos desarrollados por la institución para sectores o en cooperación con ellos, donde los alumnos realizarán actividades formativas que lo acerquen al rol profesional y aplicarán integradamente los conocimientos adquiridos a través de la formación académica relacionados con la especialidad”.

Cerato y Gallino [4] aportan que el trabajo en la Ingeniería es muy diverso en cuanto a áreas de desempeño y poco predecible. Los ingenieros pueden ocuparse en proyectos y diseños muy variados, construcciones de distintos tipos y envergaduras relacionados con gestión, operaciones, desarrollo, etc. Por esta razón, clarificar competencias e implementar procesos de enseñanza que las desarrollen en forma temprana es básico para enfrentar un contexto laboral amplio y cambiante. Autores como Ayala [5] han definido “competencias y habilidades” en la dimensión gestión, a saber: identificar la estructura organizativa, discriminar roles y funciones, reconocer relaciones formales y virtuales, identificar líderes, discriminar problemas ingenieriles con relación a la gestión, desarrollar propuestas de resolución de los problemas identificados, asignar tareas y acciones o responsables y recursos humanos en general.

En un trabajo previo [6], se caracteriza la instrumentación de una PPS en cuatro grandes bloques de actividades: presentación, desarrollo, informe y evaluación. En él se describe a cada etapa como un proceso independiente pero con resultados sobre la fase siguiente. Estas etapas se analizaron desde la óptica del ciclo PHVA: Planificar, Hacer, Verificar, Actuar [7]. También se definieron los interlocutores válidos instados para el seguimiento y monitoreo del alumno durante el desarrollo de sus prácticas.

En otro trabajo [8], se presenta la propuesta de incorporar PPS en proyectos de investigación como instancia para la formación de investigadores, la transferencia de conocimientos y optimizar la relación Universidad-Comunidad-Empresa, precisando la metodología de trabajo requerida para alcanzar los resultados esperados.

Gobierno electrónico [9] y AVC: Aula virtual [10], trabajos presentados en el marco del 20 y 21 Encuentro Nacional SAMECO, exponen la aplicación de herramientas de mejora continua en el ámbito de la gestión pública, en el marco de una investigación más amplia de UTN-FRSN. Sin ser intencionalmente planificados ambos trabajos, al ser analizados en el marco del BID, focalizan en dos puntos: los impactos educativos y los impactos organizacionales. De igual modo, los impactos sociales también tienen su protagonismo, tanto en la figura del ciudadano que es receptor de los procesos de mejora en la gestión del municipio, como en la institución universitaria quien impulsa y transforma desde la práctica de un alumno un aprendizaje social. Aquí cobra también relevancia el impacto cognitivo en el futuro profesional.

Particularmente en América Latina y en Argentina, la aceptación voluntaria de prácticas sociales como actividad de gestión tiene por delante un largo camino por recorrer y no han formado parte de las acciones tradicionales de las empresas [11], más aún si dependen de mecanismos autoregulatorios.

El ideario de Responsabilidad Social Empresaria concibe a la empresa no solo como una proveedora de bienes y servicios a la sociedad como se esperaba tradicionalmente, sino como parte activa en las actividades que la propia sociedad desarrolla para mejorar su calidad de vida y propiciar modelos de existencia más sustentables [12]. Así la RSE se constituye en una alternativa para revertir los impactos negativos, también llamados externalidades, que han ocasionado las transformaciones económicas, sociales y culturales resultantes del crecimiento económico que ha tenido la civilización a partir de la última mitad del siglo XX [13]. Consecuentemente, las universidades como generadoras de conocimiento tienen un rol clave en la respuesta que los docentes, estudiantes e investigadores den a los requerimientos formulados por las distintas partes interesadas (*stakeholders*) de la sociedad con las cuales interactúan local o regionalmente. Sin embargo, *“un aliciente ha sido la superación de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) hacia una Responsabilidad Social de todas las organizaciones (RSO), sobre todo de las Ciencias, cuyos impactos son los más decisivos para el porvenir. De ahí la necesidad de una responsabilidad social de las universidades (RSU)”* [14].

Valleys [15] señala que *“la imputación social crea hacia delante un colectivo de coautores encargados de cuidar a los impactos que orientan al destino de la sociedad”* y además destaca que *“la responsabilidad social considera a los grandes procesos sociales no directamente imputables a autores precisos, sino a las interacciones entre una multitud de actores en interdependencia, y nos fuerza a admitir: “¡Somos nosotros!”.*”

El *“somos nosotros”* queda claro en los roles sociales docentes-alumnos y estado-ciudadanos. Y, en este sentido, la *“responsabilidad social es la gestión cuidadosa de los impactos globales de nuestras decisiones y acciones locales”* dando paso a un nuevo concepto de corresponsabilidad que Vallaeys indica como una coordinación de partes interesadas en el tratamiento de los impactos sociales. Dando por resultado *“una verdadera conciencia, por parte de los actores de la RSE, de la necesidad de una corresponsabilidad activa que implique todos los actores sociales*

capaces de orientar las tendencias sistémicas (estados, empresas, ONG, organismos internacionales, científicos, consumidores, movimientos ciudadanos y políticos...)."

2.1 ¿Cómo hacer esto en nuestras universidades?

En el marco presentado, Vallaey's plantea que la reforma a realizar desde la universidad es el aprendizaje basado en un proyecto de impacto social. Propone una crisis del saber desde la fragmentación del saber ya no como un todo sino como especialidades propias dictadas desde las distintas cátedras. También plantea una capacitación a docentes y no docentes en la formación de RSU con el fin de incorporar la práctica aplicada a la solución de problemas reales.

La UTN ha iniciado una etapa de evaluación continua, en la que esta práctica asociada al trabajo sobre problemas reales involucra necesariamente una arista social, aspecto no contemplado formalmente en los diseños curriculares aunque incorporado en algunas cátedras de acuerdo con las temáticas planteadas en la planificación docente.

Las PPS, como marco cooperativo, inculca de manera permanente esa integración de saberes aplicados a un problema real. En la gestión de la universidad, actuando como organización responsable, el estudiante tiene un doble aprendizaje: en la universidad y de la universidad, en los valores de ciudadano, para cerrar este círculo virtuoso.

El Departamento de Ingeniería Industrial de la UTN-FRSN, ha propuesto acciones en ese sentido. A través de las prácticas profesionales el rol del alumno se orienta hacia el entorno social y el tutelaje por parte de los actores docentes del área de incumbencia, y de aquellas personas que actúan de moderadores entre el ámbito de la gestión municipal y la universidad, generan el marco de aprendizaje articulado.

Las primeras PPS se iniciaron en el año 2013. Luego, fueron desarrollándose PPS vinculadas a un proceso continuo e ininterrumpido, con un enfoque hacia la mejora de procesos de la gestión pública. El término "vinculadas" refiere a la duración de hasta 200 horas de práctica, con lo cual, los objetivos parciales pueden ajustarse a una o varias prácticas simultáneas y/o consecutivas. Finalmente, se definieron objetivos tanto académicos como de vinculación y transferencia, orientados a un proyecto autogestionado por ambas instituciones.

En la actualidad, impera la revisión de la metodología de desarrollo de las prácticas y el diseño de nuevas ideas y proyectos.

3. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo del presente trabajo es describir dos acciones de RSU llevadas a cabo por el Departamento de Ingeniería Industrial de UTN-FRSN, desarrolladas a través de PPS de alumnos de la carrera, que proponen junto a la aplicación de conocimientos disciplinares, una mirada social desde la práctica de la ingeniería.

Los alumnos con tutorial docente, efectúan un análisis crítico de los procesos, aplicando conocimientos y herramientas en el ámbito de la gestión pública. La MSN aporta valor agregado en las personas que integran la organización como fuente de experiencia y conocimiento en el desarrollo de las rutinas y tareas administrativas.

La metodología utilizada es descriptiva, basada en la observación directa, las entrevistas grupales e individuales y cuestionarios semiestructurados. Se consideraron valiosos los aportes provenientes de los informes y formularios académicos, la evaluación de los tutores involucrados y la opinión de ambas instituciones, plasmadas en esos documentos.

El trabajo de ambas instituciones se consolida a través de la exploración de líneas de colaboración para la resolución de problemas en marco de la ingeniería, su seguimiento y evaluación durante las 200 horas de práctica, aplicables tanto a los procesos organizacionales, como a las personas involucradas en ellos. Aportan a la base descriptiva los mecanismos formales de PPS (informes y seguimiento) y el cierre formal en dos ámbitos:

- presentación de las mejoras obtenidas ante las autoridades en la sede municipal, informes parciales y finales de la gestión realizada. Prensa y comunicación oficial.
- cierre académico con las autoridades de ambas instituciones, alumnos involucrados y docentes tutores en donde se exponen los resultados de la práctica y ponen de manifiesto la experiencia personal. Los resultados se presentan en jornadas de la especialidad y congresos afines.

4. DESARROLLO Y RESULTADOS

Las acciones de RSU se formalizaron institucionalmente a partir de un convenio marco de cooperación entre la UTN-FRSN y la MSN de San Nicolás. Se instrumentaron convenios particulares para la realización de cada PPS.

En el período 2013-2017, un 23% del total de PPS realizadas por alumnos de ingeniería industrial, se implementaron en el ámbito de la gestión pública. Ello significó la formalización de 18

convenios particulares. Para el 100% de los alumnos la PPS fue su primera experiencia de empleo.

Estas prácticas constituyen los primeros pasos realizados desde un ámbito específico de la UTN-FRSN (Departamento de Ingeniería Industrial) para difundir acciones de Responsabilidad Social Universitaria (RSU) en un contexto determinado de *corresponsabilidad* y *formación* del conocimiento.

4.1 Primera acción de RSU: Gobierno electrónico para la gestión de trámites

Este proyecto se orientó a mejorar la relación con el ciudadano a partir de dos necesidades perentorias: la optimización de la gestión de trámites municipales y la configuración de la comunicación ágil derivada con el usuario. Significó una tarea compleja, con vista al análisis de datos, el desarrollo de soluciones para prácticas de gobierno electrónico y la búsqueda de alternativas para ser utilizadas en aplicativos futuros.

Como resultado, se elaboró un circuito de formularios con formato homogéneo y simplificado (Figura 1: Guía de trámites), en correspondencia con los protocolos municipales bajo los lemas economía de pasos y optimización de los tiempos de los procesos internos. Actualmente se encuentran absolutamente vigentes, informatizados y optimizados.

La satisfacción del ciudadano constituye el objetivo prioritario para la gestión municipal. Mediante la aplicación de herramientas de calidad para realizar el diagnóstico, luego la descripción gráfica e instruccional de los procesos y finalmente el análisis de causas para actuar en las mejoras pertinentes, se trazó la trayectoria ideal de los procesos; incluido el diseño protocolar web.

Esta primera acción de RSU cumplió los objetivos planteados dejando su impronta en el objetivo final deseado y el cimiento para nuevos proyectos. En la tabla 1 se sintetizan los resultados alcanzados en esta primera etapa.

4.2 Segunda acción de RSU: Aula Virtual de Capacitación (AVC) para agentes municipales

Esta segunda acción de RSU está vinculada a una nueva etapa de trabajo en la MSN, con la creación de la denominada “Nueva Guía de Trámites”, orientada a garantizar dos necesidades fundamentales:

- Mejorar la documentación *on-line*: los ciudadanos no disponían de acceso ágil a trámites vigentes y a documentos legales (ordenanzas, decretos, resoluciones, normativas).
- Perfeccionar la gestión de trámites, incorporándolos como rutinas de trabajo y su adecuada socialización.

La nueva inquietud se trasladó por parte del municipio a UTN-FRSN, proyectando y desarrollando un *espacio virtual* de acceso controlado, jerarquizado, de ambiente interno y externo a la MSN. Este espacio, buscaba anidar conocimiento auto-gestionado e informativo tanto estático como histórico, y cursos dinámicos de interés variado y para público diverso (de presencia virtual y permanente).

Se plantearon entonces objetivos generales para delimitar la tarea: por un lado, generar una fuente común de almacenamiento de datos virtualizada y por otro, diseñar contenidos que pongan en funcionamiento un aula virtual de capacitación (AVC) como un ámbito de formación para los agentes municipales. En la figura 2 se presentan los portales del aula virtual en la web.

La mirada de los estudiantes de Ingeniería Industrial a través de su PPS constituyó el eslabón significativo y de agregado de valor.

En este proyecto se apeló al desafío que los distintos agentes acuerden en un espacio común atendiendo a sus horarios y lugares laborales, respondiendo a saberes diversos, a la franja etaria diferente y a funciones con distintos niveles de responsabilidad.

Desde el punto de vista metodológico fue innovador para un ámbito municipal, dado que se trató de la primera capacitación en la historia de MSN bajo modalidad virtual, sin costo y de carácter volitivo. La tabla 2 presenta una síntesis de los trabajos realizados en cuanto a ésta segunda acción.

4.3 Más acciones de RSU

En lo que respecta a la aplicación de ambas acciones, se desarrollaron instrumentos simples, válidos y confiables para describir los procesos de estudio, recolectar datos y procesar la información, realizando recomendaciones y sugerencias. Los alumnos desarrollaron sus prácticas con entusiasmo y compromiso, manifestando gran interés en todas las etapas propuestas. El 75% de los alumnos que se inscribieron aprobaron su PPS. El 25% restante no continuó por razones personales diversas. El cierre y evaluación final se desarrolló en ambas instituciones (académica y municipal) de acuerdo a las formalidades previstas. Por otra parte, los resultados parciales y finales se presentaron en congresos y jornadas de la especialidad y en los medios de comunicación y difusión locales, así como en los canales internos que derivan de cada institución. Esta práctica favoreció el intercambio y el diálogo con otros actores del contexto promoviendo

instancias de revisión y mejora en la instrumentación - institucionalización. Estableció además, un reconocimiento social de la actividad que se desarrolla, a través de la publicación de resultados finales en medios locales.

En adelante, se abren distintos escenarios para la continuidad de RSU en la gestión pública basados en las actividades previas, convenios vigentes y resultados obtenidos.

El nuevo desafío adquirido versa sobre la necesidad de desarrollar indicadores para procesos considerados críticos referidos al “sistema de tránsito” y su gestión, en conjunto con la Dirección de Modernización (Control de Alcoholemia, accidentabilidad, etc.) incluyendo la definición de objetivos y metas, recorte del estudio y recomendación de implementación de mejoras.

El proyecto de generación de indicadores y gestión de tablero de comando puede replicarse en múltiples áreas del municipio. Estos procesos pueden ser factibles de relanzamiento en la ciudad y de análisis para la definición de indicadores de desempeño y su gestión estadística para revisión ejecutiva. Todos estos abordajes derivan en la continuidad de nuevas PPS vinculadas y, por lo tanto, continuidad del proyecto mancomunado en la línea cognitiva-organizacional.

Desde el punto de vista de la universidad, y en cuanto a los ejes educativo y social, promover el desarrollo de programas para incorporar la RSU al estudiante con una proyección social que vincule en un primer momento los saberes, y luego la investigación para el desarrollo de las comunidades; se torna absolutamente posible de implementar, desarrollar y evaluar.

Los *programas* o proyectos de estas características que persiguen la relación estrecha de doble vía en la relación universidad-comunidad local de todos los actores y sus impactos son, finalmente, los promovidos por BID. Su aplicaciones pueden orientarse al desarrollo de líneas de investigación en RSU acompañado con indicadores de seguimiento. La Figura 3 sintetiza algunas derivaciones de los impactos BID en las PPS.

5. FIGURAS Y TABLAS

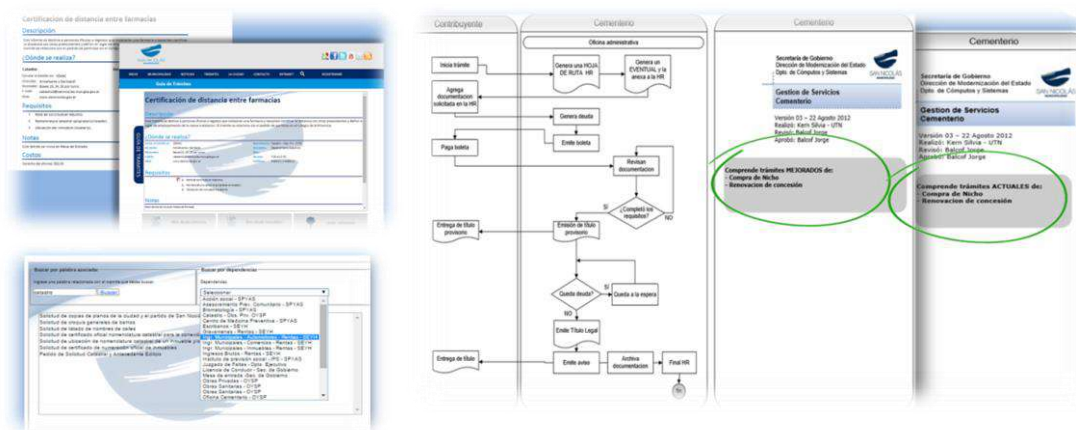


Figura 1: Guía de trámites



Figura 2: Portales del aula virtual en la web



Figura 3: Derivaciones de las PPS en los impactos BID

Tabla 1: Síntesis de la primera acción de RSU en la Dirección de Modernización

Diagnóstico y evaluación	Análisis y pensamiento crítico	Accionar y resultados destacados
El relevamiento de los procesos significó la revisión, recopilación y vitalización del marco regulatorio de la relación municipio-ciudadano	La revisión de procesos administrativos internos: la digitalización, codificación, ordenamiento y sistematización de esos datos,	• Propuestas y acciones de modificaciones al proceso, se redefinió el lenguaje comunicacional. • Reconocimiento de nuevo <i>software</i> por propuestas de proveedores. • Diagramación de “Nueva guía de trámite”, la cual dio origen para nuevas aplicaciones sobre internet.

Tabla 2: Síntesis de la segunda acción de RSU en la Dirección de Modernización

Diagnóstico y evaluación	Análisis y pensamiento crítico	Accionar y resultados destacados
Los alumnos de Ingeniería Industrial asumieron el desafío del diseño y desarrollo del Aula Virtual. Los lugares donde acceden los ciudadanos: un lugar para <i>documentación</i> y un lugar para <i>instructivos</i> sobre procesos largos o con muchos detalles (como por ejemplo habilitaciones). El sitio de capacitación inicial, que es obligatorio a quienes inician cualquier recorrido	Diseño general de la plataforma considerando los contenidos y ordenamiento general de la misma. Ante las necesidades de capacitación y se planificaron los contenidos para crear el material de consulta (manuales) y evaluaciones de las mismas, creando usuarios del AVC para comprobar su uso práctico.	Diseño de cada curso, estandarizando formatos base e iconografías. Establecimiento de cronología de capacitación que sea viable para los agentes. Estandarización del sitio: • Se crearon usuarios • Crear los vínculos con la página oficial: Definición de variables de medición (indicadores). Seguimiento de los cursos y tutelaje al participante.

6. CONCLUSIONES

La visión del hacer académico cotidiano se plasma en el Plan Estratégico de Desarrollo Institucional de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional San Nicolás (UTN-FRSN), al formar profesionales con competencias técnicas, profesionales y socialmente responsables, incluyendo el rol del ingeniero en la sociedad y sus aportes a la comunidad local-regional.

Las acciones de RSU desarrolladas en el marco del presente trabajo fueron realizadas en su totalidad por estudiantes de ingeniería industrial, con tutela docente y supervisión *in situ* de los agentes públicos. Los alumnos han cumplimentado la instancia curricular de PPS de 200 horas a través de un plan de trabajo donde han aplicado herramientas ingenieriles de la especialidad en la resolución de problemas, en los procesos vinculados tanto a la gestión en las oficinas internas del municipio (mirada introspectiva) como a los servicios y a la comunicación con el ciudadano (mirada del contexto). Y lo han hecho colocándole su impronta a una necesidad social: la contribución a través de mejoras en la gestión pública (responsabilidad social universitaria individual).

Ambas instituciones públicas, tanto municipio como universidad, propugnan trabajar en conjunto en un proyecto modernizado, agilizado y optimizado, cuyo fin último es el ciudadano (responsabilidad social organizacional - universitaria).

Particularmente en la Municipalidad de San Nicolás (MSN), se sensibilizó a los distintos sectores a partir de las mejoras iniciadas, lo que trajo aparejada una visión nueva que motiva a continuar trabajando en los procesos internos, integrando la mirada académica, social y profesional en las rutinas públicas. Así se sientan bases para la gestión del conocimiento, considerado como un producto del recambio generacional y de nuevas tecnologías de información y comunicación.

En los alumnos, se evidenció en todo momento la participación en forma ética y comprometida, poniendo en evidencia su doble rol de generador de mejoras, como actor del proceso, y receptor de ellas, como ciudadano. A la vez, se sintieron inmersos en un ámbito laboral, recibieron aportes personales y tuvieron la oportunidad de valorizar los conocimientos y herramientas que adquieren durante su formación universitaria.

La formación integral de profesionales responsables y comprometidos con el medio social y comunitario constituye una de las metas de la UTN-FRSN (en su responsabilidad social universitaria colectiva). Iniciamos así un camino que seguramente continuará en otros escenarios y con nuevos alumnos interesados, quienes año a año sumarán más acciones de RSU mediante el desarrollo de sus PPS.

7. REFERENCIAS

- [1] Ordenanza 973 de Consejo Superior Universitario UTN (2003). Incorporación de la Práctica Profesional Supervisada como exigencia curricular en las carreras de ingeniería.
- [2] Diseño curricular 1114.
- [3] Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Nicolás. Anexo Único, Resolución Consejo Académico 150/03: reglamento para la Práctica Profesional Supervisada. 4222, N° 6 p.17-37.
- [4] Cerato, Gallino (2013) Competencias genéricas en carreras de Ingeniería, Ciencia y Tecnología, 13, pp. 83-94 Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Córdoba.
- [5] Ayala, Juan Carlos (2005) Competencias Básicas en Gestión. Buenos Aires. Banco Interamericano de Desarrollo.
- [6] Gallegos, María L.; Meretta, Javier; Gómez, Leonardo; Cinalli, Marcelo; Abt, Evangelina. (2013) *La Práctica Profesional Supervisada en su doble rol: como espacio curricular eficaz y herramienta de interacción con el medio*. VI Congreso de Ingeniería Industrial, COINI 2013, San Rafael, Argentina.
- [7] Evans, Lindsay (2009) Administración y control de la calidad, 7ma edición, Editorial Cengage Learning Editores.
- [8] Quaranta N., Caligaris M., Gallegos ML, *Practica Profesional Supervisada en proyectos de investigación*, COINI 2014, Pto. Madryn, Chubut, Argentina.
- [9] Kern S., Gallegos M.L, Cinalli Marcelo, Gobierno electrónico: mejoras en la relación ciudadana en un trabajo mancomunado Universidad - Municipio para mejorar la gestión de trámites. 20º Encuentro Argentino de Mejora Continua SAMECO 2015, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Provincia de Buenos Aires, septiembre de 2015.
- [10] Kern S., Gallegos M.L, Cinalli Marcelo, (2016) AVC: Desarrollo del Aula Virtual para Capacitación de agentes municipales, 21 Encuentro Nacional de Mejora Continua - Tenaris University, Campana, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

- [11] Gómez C., Gómez L., Meretta J, Gallegos M.L., Cinalli M., (2014) Poder y estandarización de la ética: apuntes sobre el sentido de las prácticas de responsabilidad social empresaria (RSE) en las organizaciones. Revista de ciencias económicas y estadísticas. SaberEs.
- [12] Torres, M.; Trápaga, M. (2010) Responsabilidad social de la universidad, retos y perspectivas. Buenos Aires. Paidós.
- [13] Comisión de las Comunidades Europeas (2001) Libro verde, fomentar un marco europeo para la responsabilidad social de las empresas.
- [14] Vallaey, François. ¿Qué es la Responsabilidad Social Universitaria? Disponible en: <http://palestra.pucp.edu.pe/index.php?id=111> (Última consulta: 12 de setiembre de 2017).

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a las autoridades de ambas instituciones que viabilizan la continuidad del proyecto.

Aportes de la Ingeniería Industrial hacia una Universidad Emprendedora

Cabut, Mercedes*; Morcela, Oscar Antonio;
Petrillo, Jorge Domingo

*Observatorio Tecnológico (OTEC), Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial,
Universidad Nacional de Mar del Plata.*

*Av. Juan B. Justo 4302, (7600) Mar del Plata. otec@fi.mdp.edu.ar;
mercedescabut@gmail.com; omorcela@fi.mdp.edu.ar; petrillo@mdp.edu.ar*

RESUMEN

En este trabajo se estudian los factores que determinan la visión de la Transferencia Tecnológica (TrT) por parte de distintos investigadores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Para esto se realiza un estudio de casos desde una experiencia pedagógica en la cátedra Gestión de la Innovación Tecnológica en la Industria (GITI) correspondiente al quinto año de la carrera de Ingeniería Industrial. La experiencia permite reconocer una escasa vinculación y conocimiento de los alumnos sobre las actividades de investigación de la Facultad y la TrT, como también limitaciones en los investigadores para avanzar en mecanismos de TrT con mayor impacto local y regional en la generación de Empresas de Base Tecnológica. Finalmente y a partir de distintas interpretaciones de los alumnos, se reconoce un potencial en su vinculación con los proyectos de investigación para reforzar la visión de TrT.

Palabras Claves: Transferencia Tecnológica, Modelo de Negocios, experiencia pedagógica, Empresas de Base Tecnológica.

ABSTRACT

In this paper we study different factors that determine the vision of Technological Transfer (TT) by researchers of the Facultad de Ingeniería-Universidad Nacional de Mar del Plata; using a case study based on a pedagogical experience at the Management Of Technology (MOT) class of the fifth year at the Industrial Engineering career. The experience allows us to recognize a lack of students' connection with the research and TT activities. As well as limitations in the researchers to develop TT mechanisms with greater local impact, that can improve the generation of Technologically Based Companies. Therefore, from different interpretations of the students, a connection with the research projects is recognized as a potential opportunity to reinforce the vision of TT.

1. INTRODUCCIÓN

Las Universidades líderes en los últimos años se han focalizado en desarrollar nuevas políticas y estrategias de Transferencia Tecnológica (TrT), incluyendo no sólo la oferta de servicios y capacitación a la industria, sino también incorporando la innovación abierta [1] a partir de mecanismos como el licenciamiento de tecnología, el desarrollo de tecnología de punta en conjunto con empresas y la generación de Empresas de Base Tecnológica (EBT) como spin-offs de unidades de investigación.

Estas universidades, llamadas emprendedoras, son instituciones que se focalizan en establecer una estrecha relación con los actores sociales, enfatizando la transferencia de las invenciones de los científicos del laboratorio a licencias, patentes, desarrollo de productos y la creación de empresas, con el objetivo de contribuir a la economía y el desarrollo de la sociedad, como también obtener una re-inversión creciente desde los ingresos de TrT [2]. Propician, además, la construcción de ecosistemas innovadores.

La denominación de universidades emprendedoras fue popularizado por Burton Clark a través de su publicación *Creating entrepreneurial universities: organizational pathways of transformation* (1998), ampliada en el 2000. Las define como: *organizaciones muy flexibles que se insertan en su entorno al responder de manera coherente, estratégica y oportuna ante las exigencias que este les hace, sin que ello signifique una amenaza para su misión académica tradicional, es decir, pasan a ser un sujeto activo en el desarrollo territorial*. Por lo tanto, es una universidad que sabe dar respuesta a los desafíos de su entorno [3] Algunos autores consideran que constituye la tercera misión de las universidades que se suma a la docencia y la investigación. Este enfoque más estrecho de su “tercera misión” precisamente, da nacimiento a la universidad emprendedora [4]

En este contexto se ha diseñado un caso de estudio en el marco de la asignatura Gestión de la Innovación Tecnológica en la Industrial (GITI), correspondiente a 5º año de la carrera de Ingeniería Industrial en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, que por sus características de interacción con los actores (en lugar del aporte directo de información más o menos clasificada), aparece eficaz para el análisis de los mecanismos de transferencia utilizados en la misma facultad.

La estrategia de intervención consistió en el desarrollo de casos breves de estudio, presentando a los alumnos los distintos proyectos de investigación que llevan adelante los diferentes grupos de I+D+i de la FI-UNMDP y estimulando la búsqueda de oportunidades de TrT desde sus desarrollos y productos aplicables a la industria.

A partir del contacto con el grupo de investigación, los alumnos debieron identificar el potencial de los productos para generar una nueva EBT o para licenciar la tecnología resultante, esbozando un modelo de negocios a partir de la metodología CANVAS [5].

1.1. Encuadre teórico

La TrT se define como el movimiento de tecnología y/o conocimiento, desde una institución de ciencia y tecnología o empresa, hacia un receptor, generalmente una empresa, que adquiere la tecnología, a cambio de una contraprestación habitualmente económica [6]. Los mecanismos e instrumentos de TrT utilizados por las Universidades corresponden a acuerdos de confidencialidad, contratos de licencia, cooperación conjunta en programas de I+D+i y alianzas, acuerdos de asistencia técnica, consultoría o servicios a terceros, transferencia de personal, creación de empresas (spin off) y producciones bibliográficas o presentaciones en congresos [6,7].

En un contexto global en el cual la tecnología es el principal motor de ventajas competitivas, los empresarios se preocupan cada vez más por generar o al menos mantener sus capacidades de innovación. Siguiendo a Escorsa compartimos que: *La mejora de su capacidad para introducir productos en el mercado con una mayor flexibilidad y rapidez son necesidades que se pueden satisfacer buscando las tecnologías adecuadas*, y en este sentido, la TrT es un mecanismo de innovación abierta que lo facilita [7].

Del mismo modo por parte de las universidades, se observa una creciente competencia a nivel internacional y nacional por contar con los mejores investigadores y docentes, como también la necesidad de diversificar sus fuentes de ingreso. Esta situación tiene como objetivo lograr una mejora constante en los mecanismos de TrT para mantener un nivel competitivo en las áreas de enseñanza, investigación, desarrollo tecnológico e innovación [2]. Inmersas en una economía dinámica dirigida por desarrollos disruptivos, las universidades buscan cumplir un rol como soporte regional a la industria, dentro del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

Del Águila Obra interpreta en las últimas décadas una nueva generación de transferencia tecnológica, potenciada a nivel político e instrumentalizada en el fomento y la creación de empresas. Según Callagan (2001), el número de spin-off generadas en una economía es entendido como un indicador de la habilidad del sector público de desarrollar conocimiento relevante comercialmente, de su capacidad emprendedora y de la profundidad de transferencia de conocimiento entre el sector público y privado [2]. El citado autor reconoce un aumento de los estudios de este fenómeno desde distintas miradas como la innovación abierta, los ecosistemas innovadores o desde la Universidad Emprendedora [8] pero remarca la persistencia de niveles bajos de creación de empresas, licencias y patentes y de barreras culturales e institucionales. Por lo tanto surge la necesidad de una mirada individualista y centrada en el investigador, que estudie los obstáculos para que sean partícipes como también para dinamizar los procesos de Transferencia Tecnológica [9].

Para tener valor comercial, una transferencia tecnológica necesita contar con los resultados de la investigación, como también con una oportunidad de mercado. En un contexto de asimetría de información, es poco probable la transferencia de conocimiento si los investigadores y usuarios de la investigación no tienen interacciones frecuentes con la industria [9,10] Pensar en el desarrollo emprendedor implica la capacidad de entender cómo, en ausencia de mercados para próximos productos y servicios, estos mismos resultan comercializables en un futuro [11].

1.2. TrT en la Facultad de Ingeniería

En materia de Transferencia, la Facultad de Ingeniería se rige por la Ordenanza de Consejo Superior N° 004/96 y su reglamentación establecida mediante la Resolución de Rector N° 3006/08. [12]. Estas normativas establecen las modalidades de contratación para las actividades de TrT distinguiendo dos tipos de contratos: Básicos y Específicos. Mientras que los primeros corresponden a actividades de asistencia técnica, servicios y capacitación de recursos humanos; los segundos implican a las actividades de innovación tecnológica y aquellas que no estén contempladas en los contratos básicos.

En cuestión de resultados, históricamente la Facultad de Ingeniería ha sido la Unidad Académica con mayor volumen de facturación representando el 66% del total de la Universidad en el año 2014 [13]. A partir del estudio realizado por el Secretario de Tecnología, Industria y Extensión (SETIE) sobre las actividades de transferencia durante el período 2011 - 2014, se observa un progresivo aumento en la participación de las actividades de innovación tecnológica llegando a abarcar cerca del 70% de la facturación total por parte de la Unidad Académica (2014), revirtiendo una tendencia anterior correspondiente a una a mayor participación de servicios tecnológicos. Los contratos de innovación tecnológica suponen el desarrollo en conjunto de una tecnología pudiendo implicar la obtención de productos, formulas y/o procedimientos que puedan ser objeto de propiedad intelectual o industrial. Por lo tanto, Álvarez expone la necesidad de un replanteo de la estrategia de vinculación orientándose hacia los contratos de innovación tecnológica. Esto da lugar a profundizar sobre la necesidad de fomento de los mecanismos relativos a la visión de la Universidad Emprendedora (licencias, patentes, spin off, entre otros) [14]. Cabe destacar, que el análisis anterior refleja la tendencia en volumen de facturación, pero no en la cantidad de grupos que utilicen esta modalidad de contratos.

Por otro lado, respecto a la formación de empresas desde la facultad, por consultas formuladas a la SETIE y referentes, se registran cuatro spin-off en la historia de la institución. Si bien actualmente son reconocidos como un aporte desde la facultad al desarrollo local, han existido ciertas controversias en su constitución motivadas posiblemente por una falencia en la estructura normativa y en las capacidades de gestión para atender a este tipo de casos. Consideramos que la rica experiencia recogida debe ser volcada en una nueva Resolución de Rector, de modo que tanto los investigadores-emprendedores como la Universidad puedan lograr un acuerdo de beneficio mutuo.

Finalmente podríamos expresar que la visión de la Facultad de Ingeniería, es compartida por la gestión de la Subsecretaría de Transferencia y Vinculación Tecnológica de la Universidad, la cual ha trabajado en el aumento de su estructura organizacional incluyendo capacidades desde la gestión de la propiedad industrial y patentes y un proyecto en fase inicial de Incubadora de Empresas. La Universidad ha logrado en el año 2015 gestionar 8 solicitudes de patentes estando 7 de ellas relacionadas con la Facultad de Ingeniería. De esta forma alcanzó el récord histórico de solicitudes de patente, permitiendo duplicar el número en relación a los 8 años anteriores, pasando de 6 a 14 presentaciones para el período 2006-2015 [13]. Hasta el momento ninguna de estas patentes ha avanzado hacia el licenciamiento.

1.3. Objetivos del trabajo

Ante los obstáculos planteados por diferentes autores, inclusive a nivel internacional, en cuanto a la capacidad de los investigadores para interpretar las necesidades de la industria ligadas a oportunidades de mercado [5, 6, 7], el trabajo plantea el objetivo de evaluar la visión de los investigadores de la Facultad de Ingeniería sobre el proceso de transferencia.

También se consideró relevante evaluar el potencial (complementario) del perfil de los egresados de la carrera de Ingeniería Industrial en la búsqueda de oportunidades asociadas al modelo de Universidad Emprendedora (productos, patentes, spin-offs, otros). Como una primera aproximación observamos que el perfil del ingeniero industrial contiene la formación necesaria para interpretar las tendencias del mercado y la industria.

Luego, se plantea una hipótesis en cuanto a la escasa vinculación y conocimiento de los alumnos de la carrera con las actividades de investigación de la Facultad.

Para realizar el trabajo se utiliza un estudio de casos incluyendo la incorporación de una consigna presentada a los alumnos desde las “Metodologías Ágiles para la formulación de Modelos de Negocios”. Esta Metodología pretende reducir los tiempos en los procesos de innovación a partir de un mayor conocimiento del comportamiento del consumidor, y la iteración en ciclos de prototipado que permiten disminuir el tiempo entre el diseño del producto y la experimentación por parte del cliente [15].

Compartimos que un modelo de negocios se interpreta como “la forma en que una organización crea desarrolla y captura valor” [5]. Luego, el modelo debe poder ser descripto en una propuesta de valor que más allá del producto o servicio y sus características, responde a la capacidad del negocio de interpretar las dificultades que tiene el cliente y sus potenciales soluciones. Por medio de este trabajo se pretende evaluar la capacidad de los alumnos de pensar al proyecto de investigación como una respuesta a la necesidad de un cliente más allá de los objetivos científicos y tecnológicos del mismo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar el trabajo, en primer lugar, se realizó una encuesta a los 23 alumnos de la cátedra de Gestión de la Innovación Tecnológica en la Industria (GITI), asignatura curricular de 5° año de la carrera de Ingeniería Industrial, para evaluar su conocimiento sobre los proyectos de investigación de la Facultad de Ingeniería. Posteriormente se implementó una dinámica de estudio de casos, a partir de la lista de los 59 proyectos de investigación vigentes en la Facultad de Ingeniería, en el año 2016. La consigna presentada a los alumnos se muestra a continuación:

CONSIGNA

1. Seleccionar un proyecto del listado.
2. Presentar el diseño de una entrevista semiestructurada para realizar al grupo de investigación con el objetivo de reconocer:
 - a) *Caracterización del grupo del cual surge el proyecto (integrantes, dependencia, antecedentes, vinculaciones),*
 - b) *Identificación del modo en que definen las líneas de investigación,*
 - c) *Fuentes de financiamiento de los proyectos,*
 - d) *Mecanismos de transferencia utilizados.*
3. Desarrollar una propuesta de valor para el proyecto. Este paso implicó la capacidad de definir a los resultados del proyecto como un producto comercializable.
4. Proponer para el producto o servicio una vía de transferencia entre la formación de una nueva EBT o el licenciamiento de tecnología.
5. Desarrollar el lienzo CANVAS para el mecanismo de transferencia propuesto. En el caso del licenciamiento, seleccionar un potencial adoptante y desarrollar el modelo de negocios de la empresa para la comercialización de ese producto.
6. Entregar un informe que contenga las conclusiones del punto 2, y los puntos 3, 4 y 5.

Los métodos cualitativos en ciencias sociales incluyen, entre otros, la observación participante, el análisis cara-a-cara, el análisis de textos, el análisis de entrevistas en profundidad, el análisis conversacional, etc. Existen diversas corrientes teóricas que tienen al análisis cualitativo como su método de investigación. Entre ellas se encuentran la Teoría fundamentada [16]; el análisis documental se realizó utilizando la herramienta de software, ATLAS.ti.

La metodología de recolección y análisis de la información en el trabajo de campo está basada principalmente en los supuestos teórico metodológicos de la Teoría fundamentada, cuyo principal objetivo es generar un modelo explicativo flexible de un patrón de conducta, que sea relevante y problemático para los involucrados.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Conciencia de la Investigación en los alumnos

Respecto al conocimiento sobre los proyectos de investigación, el 91% de los alumnos del quinto año de Ingeniería Industrial manifestó conocer, en alguna medida, los proyectos de los Grupos de Investigación de la Facultad. Pero de ese porcentual, el 95 % puede identificar menos de tres proyectos, y en ningún caso el resultado fue superior a 5 proyectos (ver Gráfico 1).

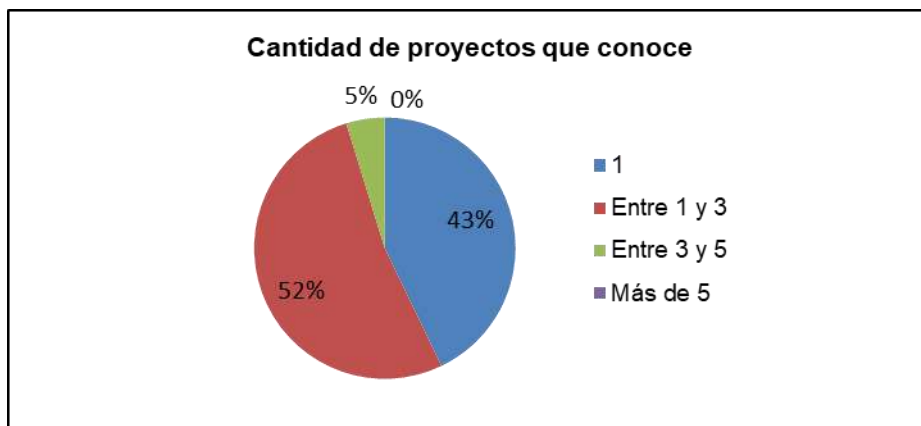


Gráfico 1: *Cantidad de Grupos de Investigación locales, conocidos por los alumnos de 5° año de la carrera de Ingeniería Industrial. Fuente: elaboración propia.*

Ante la consulta de por qué los conoce, la respuesta más frecuente es “por amigos que participan en el proyecto”, y sólo un alumno manifestó formar parte de un proyecto (Gráfico 2). Es interesante mencionar que en ningún caso los estudiantes han manifestado realizar el trabajo final de carrera en relación a un grupo de investigación, pero simultáneamente, la mayor frecuencia de aparición corresponde a comentarios de “amigos de otras carreras que participan en proyectos de investigación”, esto a priori podría indicar que en el Departamento de Ingeniería Industrial la política de incorporación de estudiantes a los grupos de investigación es aún incipiente, en comparación con los otros departamentos de la Facultad.

Por otro lado, es notorio que los estudiantes no hayan recibido noticias de los proyectos de investigación mediante la difusión periodística. Al respecto puede suponerse inicialmente que la política de relaciones públicas de la Universidad, la Facultad o de los Grupos es insuficiente. Sin embargo el año 2016 ha sido prolífico en aparición de noticias en medios gráficos locales, por lo que se puede ver un indicio de las dinámicas de consumo de los estudiantes respecto a los medios de prensa tradicionales. Sin duda este supuesto podría ser corroborado analizando las dinámicas de participación de los estudiantes en redes sociales y la presencia de los grupos de investigación en las mismas. Aunque éste tópico en particular resulta interesante, no ha sido abordado en profundidad en el presente trabajo, pero sin duda podría constituir una línea de indagación a futuro.

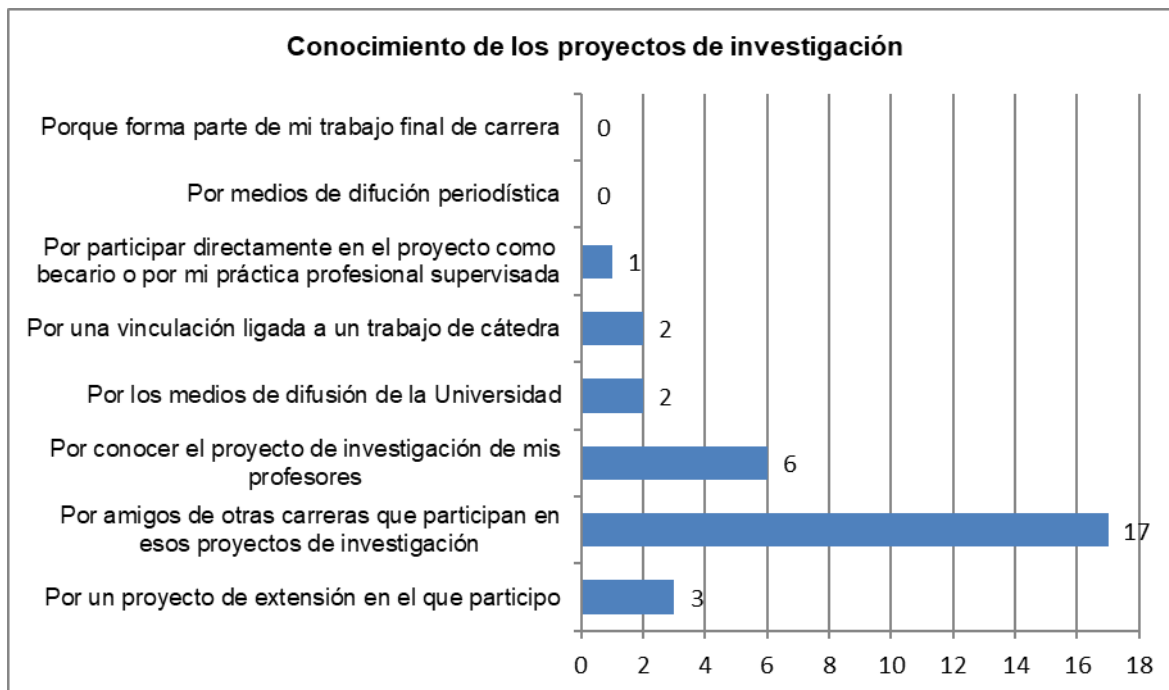


Gráfico 2: *Motivo de conciencia de Grupos de Investigación locales, en los alumnos de 5° año de la carrera de Ingeniería Industrial. Fuente: elaboración propia.*

En el Gráfico 3, se presenta la distribución de áreas de trabajo que se llevan adelante en la Facultad, reconocidas por los estudiantes como áreas que trabajan en la frontera del conocimiento. Es de especial interés marcar que el 60% de los alumnos coincide que la Facultad desarrolla tecnología en la frontera del conocimiento, principalmente en materiales asociada al Instituto INTEMA.

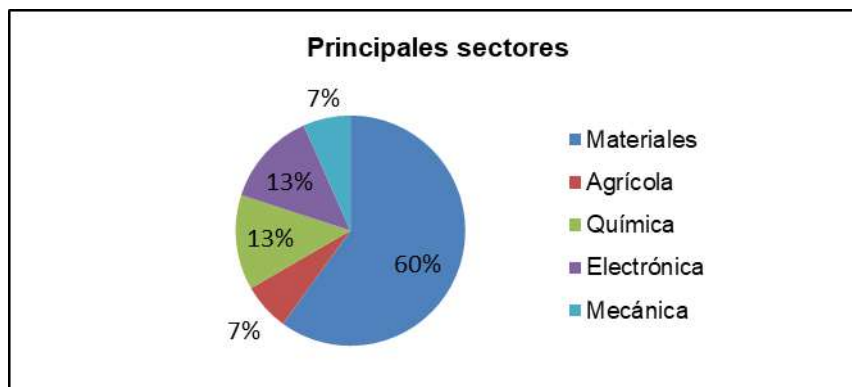


Gráfico 3: *Áreas de trabajo conocidas por los alumnos de 5° año de la carrera de Ingeniería Industrial. Fuente: elaboración propia.*

El 87% manifiesta no tener conocimiento del concepto de “Transferencia Tecnológica” antes de cursar la asignatura GITI, y de los que lo conocían, sólo uno respondió por vincularse en el ámbito académico; el resto fue por haber cursado en el año anterior la asignatura optativa Economía de la Innovación. De manera inversa, el 65% de los estudiantes respondió tener conocimiento previo sobre conceptos de “desarrollo emprendedor” por medio de amigos con proyectos emprendedores, por asistencia a congresos y charlas, por publicaciones en revistas, internet y otros medios de comunicación, y por haber cursado la materia optativa Liderazgo y Responsabilidad Social. Finalmente, a pesar de conocer conceptos y ejemplos exitosos, ningún alumno pudo reconocer alguna empresa spin-off universitaria.

3.2. Análisis documental sobre los entregables del práctico

La muestra no se asume representativa del total de los proyectos ya que los alumnos seleccionaron a los proyectos en base a la percepción de sus títulos en cuanto a la capacidad de desarrollar una propuesta comercializable. Los Proyectos de Investigación seleccionados corresponden a las áreas de: materiales, alimentos, electrónica e industrial. La frecuencia de opción por los proyectos relacionados con el desarrollo de materiales (Tabla 1), es consistente con la observación previa (Gráfico 3) que inclina a los estudiantes a considerar el área desarrollada y

produciendo investigación y desarrollo de tecnología de frontera, por ende, con elevado potencial de transferencia, con los proyectos más innovadores. Adicionalmente, se reconoce una tendencia hacia proyectos de Ingeniería Industrial, por la cercanía de los alumnos a los profesores de su carrera.

Tabla 1: Frecuencia de selección de áreas de investigación.
Fuente: elaboración propia.

Área de Investigación	Frecuencia
Materiales	6
Alimentos	2
Electrónica	2
Industrial	3

En el ítem 2.b) de la consigna (ver Recuadro 1), se solicita a los estudiantes que mencionen la motivación, que impulsa al Grupo, a seleccionar el tema de investigación a desarrollar. Entre los entrevistados, la principal fuente para definir las líneas es la revisión bibliográfica, pero la misma se complementa en los distintos casos por diferentes factores, siendo los más importantes el contacto con empresas y el potencial de impacto en la industria (ver Gráfico 4).

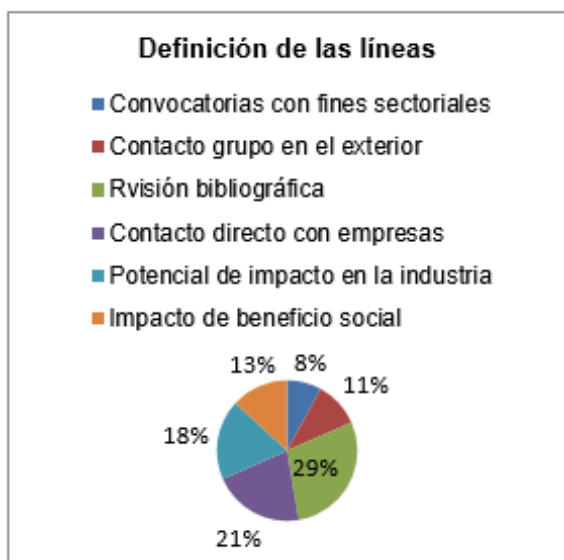


Gráfico 4: Motivación para la selección del tema de investigación. Fuente: elaboración propia.

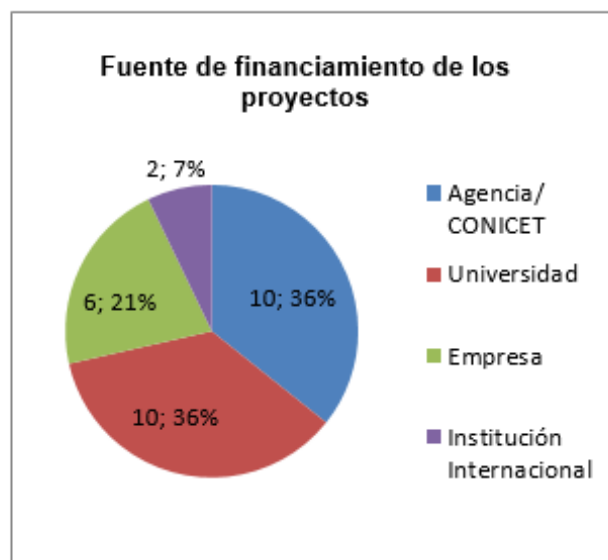


Gráfico 5: Fuentes de financiamiento para la investigación. Fuente: elaboración propia.

Se puede observar en la caracterización de los grupos, que dos de los mismos realizan líneas de investigación inspiradas en el contacto con empresas, pero no forman parte de su fuente de financiamiento. A su vez, se reconoció que dos de los grupos que definen líneas desde un potencial de impacto en la industria, no manifiestan el contacto con empresas, sino que reconocen desarrollos que en la actualidad no son apropiables por la industria local. Resulta interesante mencionar que uno de estos dos últimos, es el único dentro de los seleccionados que respondió tener experiencia en transferencia a partir de dos EBT. Esta perspectiva permite ver el potencial de la Facultad en la diversificación de la matriz productiva, siendo que globalmente las universidades y las compañías existentes son las dos principales fuentes de nuevas EBT [1].

En la muestra, se puede ver que todos transfieren conocimiento mediante publicaciones y presentaciones a congresos, cuestión evidente al formar parte de los principales factores de evaluación para la promoción en la carrera científica. Luego, se mencionan los contratos básicos y de innovación tecnológica en medida similar. Cabe destacar que la ocurrencia de un grupo con antecedente de EBT responde a la selección previa de los alumnos, sin ser la misma representativa del total de la facultad. Como se indicó anteriormente, este número asciende a unos pocos ejemplos.

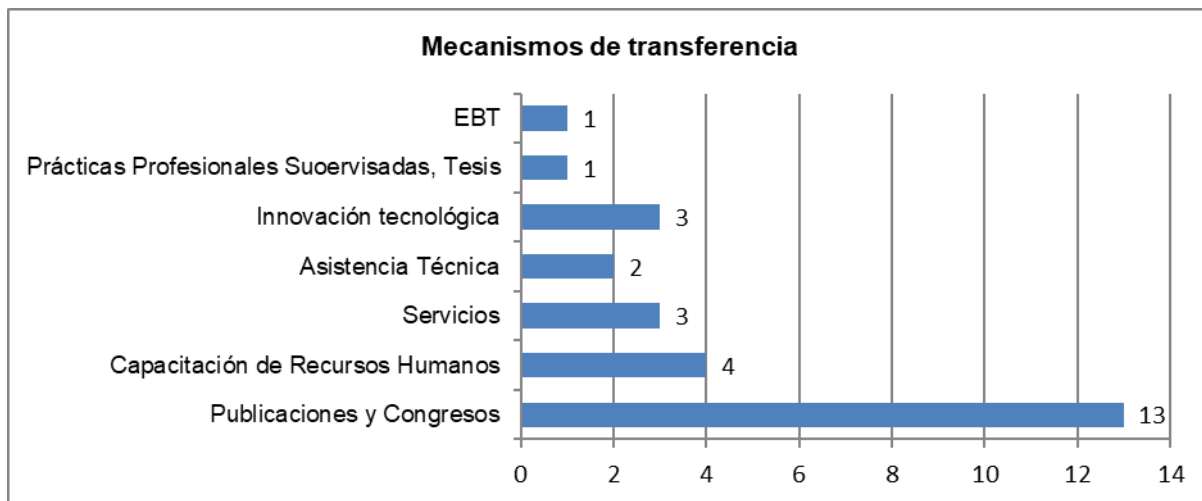


Gráfico 6: *Mecanismos de transferencia mencionados por los Grupos de I+D. Fuente: elaboración propia*

Como se indicó anteriormente, la selección de los grupos no es representativa debido a la interpretación de los alumnos. Pero el foco de análisis responde a la capacidad de los alumnos de Ingeniería Industrial de reconocer potencialidades en los proyectos para nuevas formas de transferencia. Los alumnos debían reconocer oportunidades de licenciamiento de tecnología, o el desarrollo de EBT.

Tabla 2: *Mecanismos de TrT propuestos por los estudiantes, una vez analizados los casos particulares. Fuente: elaboración propia*

Acciones del grupo distintas a publicaciones, servicios y capacitaciones		Propuesta de los alumnos		Coincidencia
Innovación tecnológica	EBT	EBT	licenciamiento	
		x		No
			x	No
		x		No
x		x		No
	x		x	No
			x	No
x			x	Si
			x	No
			x	No
x			x	Si
			x	No
		x		No
		x		No

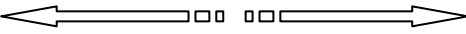
Las propuestas de EBT se diferenciaron de los instrumentos usados actualmente por todos los grupos. El grupo que contaba con una experiencia previa en EBT no coincidió ya que los alumnos propusieron el licenciamiento, al no reconocer actualmente un perfil emprendedor.

Por otro lado, las propuestas de licenciamiento se diferenciaron también de los grupos que publican, ofrecen servicios, capacitaciones y asistencia. De los tres proyectos que transfieren mediante contratos de innovación y manifestaron la búsqueda de prototipos para licenciar, dos mantuvieron coincidencia con la propuesta de los alumnos, y uno fue considerado con potencial de EBT.

3.3. Análisis de textos

Se reconocen en la (Tabla 3) los relatos de los alumnos sobre las percepciones de los investigadores identificándolos con una visión cercana al licenciamiento de Tecnología y creación de una EBT, o una visión alejada a estas posibilidades.

Tabla 3: *Visión de los Investigadores sobre las actividades de TrT. Elaboración propia*

Publicaciones  Licenciamiento...EBT	
<i>"La transferencia del conocimiento se realiza de manera interna, es decir, se forma gente dentro del grupo y los conocimientos se trasladan hacia los alumnos en las clases y proyectos finales de carrera. En cuanto a la industria, no existen relaciones formales para la transferencia del conocimiento, salvo algunas veces que se han recolectado datos de ciertas empresas locales"</i>	<i>"En la entrevista realizada, el integrante del grupo de investigación (...), se mostró entusiasmado cuando se le planteó el proyecto de la creación de una EBT. (...) manifestó que los conocimientos tecnológicos y científicos desarrollados durante el proyecto, tienen un potencial valor de comercialización en un futuro cercano, tanto para hogares como para comercios o industrias"</i>
<i>"El financiamiento de los trabajos de investigación es interno, es decir, los fondos para llevar a cabo el relevamiento de información, recopilación e investigación se obtienen de la Universidad Nacional de Mar del Plata en forma de subsidios universitarios. Sin embargo, como se dijo anteriormente el presupuesto que maneja el grupo de investigación es mínimo. Es importante destacar que la motivación para llevar adelante este proyecto se basa en fines pedagógicos y no económicos."</i>	<i>"Han surgidos proyectos de start-ups centradas en la utilización de bacterias que metabolizan los residuos hortícolas o productores de kiwi buscando procesos innovadores y de alto desarrollo tecnológico, pero fueron experiencias aisladas y que quedaron sin efecto."</i>
<i>"El método por excelencia en el cual realizan transferencia es a través de la publicación de papers en revistas nacionales e internacionales. Cabe destacar que si bien desarrollan sus propios prototipos son esencialmente para probar sus algoritmos y desarrollar sus teorías. Con respecto al otorgamiento de servicios como se mencionó es acotado ya que no existe demanda local de los temas investigados. De igual manera aceptan propuestas de desarrollo de parte del sector industrial."</i>	<i>"Se piensa en sectores industriales que poseen una necesidad no descubiertas aún o factibles de incorporarles valor agregado. De esta forma consiguen la mayor parte de su financiamiento".</i>
<i>"No han incursionado a escala industrial en el desarrollo de plantas pilotos, ni poseen la intención de hacerlo".</i>	<i>"Un objetivo que tiene el grupo, que no están realizando en la actualidad, es el desarrollo de prototipos y su aplicación. Es decir, desarrollar una EBT y aplicar los conocimientos desarrollados en productos que obtengan una aplicación en la industria."</i>
<i>"El grupo no tiene en este momento vinculaciones con la industria."</i>	<i>"El objetivo del proyecto es preparar prototipos con el fin de lograr una producción en planta de los mismos, económicamente competitiva y factible"</i>

De los testimonios cercanos a licenciamiento y EBT se reconocen claras intenciones de avance hacia la consolidación de EBT y licenciamiento de prototipos, y a su vez se distingue una falta de capacidades para lograrlo llegando en uno de los casos a demostrar la existencia de intentos frustrados. Desde la columna inversa, si bien se reconocen grupos actualmente alejados de estas formas, se detecta en algunos una apertura a nuevas posibilidades o demanda de financiamiento que da lugar a nuevas alternativas.

3.4. Propuestas de valor desarrolladas por los alumnos

Tabla 4: *Propuestas de valor de los alumnos sobre los proyectos de investigación*

Descripción de los objetivos del proyecto	Propuesta de valor
<i>"El objetivo de este proyecto es investigar los recursos renovables eólico y solar, cuando están conectados a las redes eléctricas inteligentes, así como las tecnologías electrónicas asociadas."</i>	<i>"Instalación, seguimiento (...) de equipos de generación de energías renovables (solar y eólica) para hogares, comercios e industrias (...) permite la inyección de la energía no consumida por los productores a la red, generando un beneficio económico."</i>
<i>"Adsorbentes poliméricos (..) para absorción de contaminantes de los efluentes industriales permitiendo remover elementos tóxicos, metales pesados e hidrocarburos del agua"</i>	<i>"Nueva tecnología que permite evitar el desperdicio de tiempo y dinero invertidos en las actividades de limpieza tradicionales. Se evitan paradas de plantas en aquellas empresas que trabajen de esa manera. Se puede reutilizar el agua..."</i>
<i>.."el grupo de investigación busca una problemática tratando de abordarla desde las metodologías de Investigación Operativa y Organización de la Producción, así determina las líneas de investigación que se desarrollarán"</i>	<i>"Ofrecer herramientas de gestión a la cadena de suministro de organizaciones regionales se tendrá como actividad principal la capacitación y educación mediante cursos teórico-prácticos a los directivos, propietarios y empleados de las empresas."</i>
<i>"El objetivo principal del proyecto, bajar los niveles de desertión, tiene un interés más bien público, por este motivo actualmente no se observa una vinculación clara entre la industria y la universidad".</i>	<i>"Se puede expandir a otro tipo de instituciones (...) instituciones de educación media pública y privada, hasta incluso empresas consultoras de recursos humanos. (...)La propuesta de valor (...) es la transferencia de know-how en materia de sistemas pedagógicos en forma de consultoría."</i>
<i>"Desarrollo de un proceso que permite preparar a escala de laboratorio y con bajos costos de producción, celdas solares fotovoltaicas para uso terrestre"</i>	<i>"Desarrollo de celdas solares nanoestructuradas de estado sólido económicamente competitivas que, aunque poseen baja eficiencia, pueden ser utilizadas en zonas alejadas de centros urbanos"</i>

Se demuestra en la (Tabla 4) un avance desde las presentaciones iniciales de los objetivos del proyecto, hacia una propuesta de valor próxima a la necesidad y la solución propuesta al potencial usuario de la tecnología. Al igual que un rol gerencial en una empresa, el Ingeniero Industrial debe estar preparado para articular entre las áreas técnicas y comerciales. Como vinculator tecnológico, el Ingeniero Industrial puede desempeñarse en el estudio de la factibilidad comercial, y viabilidad técnica y económica de una TrT.

A modo de ejemplo, como producto de esta experiencia realizada en el 2016, en el año 2017 dos alumnos definieron hacer su tesis de grado desde el estudio de mercado de uno de los desarrollos presentados en el trabajo práctico. Este estudio permitirá al Grupo de Investigación presentarse a la Línea de Financiamiento PICT start uP de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, cuyo objetivo es financiar prototipos que puedan ser licenciados o que impulsen la generación de una EBT.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES FINALES

A partir de la encuesta inicial formulada a los estudiantes de 5° año de Ingeniería Industrial, se pudo reconocer un escaso conocimiento y participación de los mismos en las actividades de investigación de la Facultad de Ingeniería. Los alumnos en su último año de carrera demuestran no tener conocimiento de las actividades de TrT, lo cual permite concluir que los medios de difusión de las actividades de Transferencia no se corresponden con los medios utilizados por los alumnos para informarse, y que las actividades de transferencia no generan un interés particular en los estudiantes de esta carrera. Esta última interpretación permite evaluar si ese escaso interés

se da por la variable y limitada relación con la Industria, de los proyectos más cercanos al Departamento de carrera de los estudiantes.

Efectivamente, el área que los alumnos identificaron, en primera instancia, como referente de innovación tecnológica corresponde a la de Ciencia de los Materiales, disciplina que ha obtenido los mayores contratos de transferencia en los últimos años.

Desde el análisis de los proyectos de Investigación seleccionados por los alumnos, se reconoce una marcada diferencia entre grupos con una visión hacia el licenciamiento de prototipos e intenciones de EBT y otros abocados solamente a las publicaciones académicas inclusive en revistas con referato. Esto permite evaluar la falta de una cultura compartida dentro de la Facultad distinguiendo diferencias por Departamento de especialidad.

Se reconoce de todos modos, en los testimonios con intenciones de licenciamiento y de creación de EBT, una visión de aspiración a futuro y hasta se encuentra una experiencia incompleta de formación de spin-off, lo cual permite observar la falta de capacidades -por parte de los integrantes de los grupos- para afrontar proyectos con una visión de negocios.

Se distingue, por lo tanto, el potencial de la interacción de los estudiantes de Ingeniería Industrial con los Grupos de Investigación para reforzar la visión hacia la industria y reducir esa falencia de capacidades. Desde las propuestas entregadas por los alumnos, se reconoce una orientación al medio y en algunos posibles segmentos no identificados por el Grupo de Investigación bajo análisis.

Finalmente, se considera que el estímulo a dichas vinculaciones podría partir de becas, prácticas, profesionales o tesis de grado, con mayor relación a las actividades de investigación, aprovechando los beneficios de la cercanía física y disciplinar, entre la carrera de grado y las temáticas de investigación de los institutos relacionados a la Facultad.

REFERENCIAS

- [1] Chesbrough, H. (2009). *Innovación abierta*. Plataforma Editorial, España.
- [2] Potter, J.(ed.) (2008). *Entrepreneurship and Higher Education*. OECD. Paris.
<http://dx.doi.org/10.1787/9789264044104-en>
- [3] Guerrero, M; Urbano,D; Fayolle, A; Klofsten,M; Mian,S.(2016). *Entrepreneurial universities:emerging models in the new social and economic landscape*. *Small Business Economics*. Vol. 47, Nº 3, 2016.
- [4] Clark, B.R. (1998), *Creating Entrepreneurial Universities: Organizational Pathways of Transformation*, International Association of Universities and Elsevier Science, Paris and Oxford. See also B.R. Clark, "The entrepreneurial university: demand and response", *Tertiary Education and Management* (1998), Vol. 4, No. 1, pp. 5-16; and B.R. Clark, "Collegial entrepreneurialism in proactive universities: lessons from Europe", *Change* (2000), January-February, pp. 10-19.
- [5] Osterwalder, A; Pigneur, Y. (2015). *Generación de modelos de negocio*.Deusto.Barcelona:
- [6] Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva (2013). *Guía de buenas prácticas en gestión de la transferencia de tecnología y de la propiedad intelectual en instituciones y organismos del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación*. 1ª ed.Buenos Aires.
- [7] Escorsa, P; Valls, J (2005). *Tecnología e innovación en la empresa*. Dirección y gestión. 2º edición. Editorial Alfaomega – UPCatalunya, México.
- [8] Del Águila Obra, A.R; Padilla Meléndez, A; Fuster Martín, e ; Lockett, Nigel (2017). *Universidad Emprendedora. El caso de las spin-offs universitarias ¿Nuevas teorías para los mismos obstáculos?*. *Revista Economía Industrial*, Nro 404. <http://www.minetad.gob.es/es-ES/servicios/Documentacion/Publicaciones/Paginas/detallePublicacionPeriodica.aspx?numRev=404>
- [9] Jacobson, N.; Butterill, D. y Goering, P. (2004). *Organizational Factors that Influence University-Based Researchers' Engagement in Knowledge Transfer Activities*. *Science*
- [10] Landry, R; Amara, N; Ouime, M. (2007) *Determinants of knowledge transfer: evidence from Canadian university researchers in natural sciences and engineering*. *The Journal of Technology Transfer*, Volumen 32, Nro 6, Página 561
- [11] Sarasvathy, S; Venkataraman, S. (2011). *Entrepreneurship as Method: Open Questions for an Entrepreneurial Future*. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 35(1), pp.113-135.
- [12] Ordenanza del Consejo Superior N°004. *Contratos con terceros*. Consejo superior Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del plata, Argentina, 1996.

- [13] Hernandez, A. (2016) *Las Unidades de Vinculación Tecnológica (UVT) en las Universidades públicas Argentinas: el caso de la Universidad Nacional de Mar del Plata*. Tesis de la carrera de postgrado Especialización en Docencia Universitaria. Mar del Plata. <http://humadoc.mdp.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/172>.
- [14] Álvarez, F. (2016) *Estudio de la demanda tecnológica: el caso de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata*. Trabajo final de la Especialización en Gestión de la Tecnológica y la Innovación. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- [15] Blank, S (2013). *Why the lean start Up Changes Everything* .Harvard Business Review- Mayo 2013.
- [16] Vasilachis de Gialdino, Inés (2006). *La investigación cualitativa*. En Vasilachis de Gialdino, I. (Coord.) *Estrategias de la Investigación Cualitativa*. Barcelona: Gedisa.

Estrategias metodológicas para promover el compromiso de los alumnos en el estudio de Análisis Numérico.

Una experiencia en un curso de Ingeniería Industrial

Rodríguez, Georgina*; Laugero, Lorena; Cabo, Natalia

*Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional San Nicolás.
Colón 332 (2900) San Nicolás.*

grodriguez@frsn.utn.edu.ar, llaugero@frsn.utn.edu.ar, ncabo@frsn.utn.edu.ar

RESUMEN.

En este trabajo se muestran algunos cambios de estrategias metodológicas implementadas en el curso 2017 de Análisis Numérico y Cálculo Avanzado, de tercer año de Ingeniería Industrial en la Facultad Regional San Nicolás, dependiente de la Universidad Tecnológica Nacional. En primera instancia, se analizó el estilo de aprendizaje de los alumnos del curso, obteniendo como resultado una tendencia visual – kinestésica, como se venía detectando en los últimos años. Con el objetivo de lograr un mayor compromiso del alumno en el estudio de la asignatura, se decidió utilizar la metodología de Aula Invertida, o Flipped Classroom, Esta decisión se tomó en base a los resultados parciales de implementaciones aisladas de aula invertida realizadas en años anteriores. También se utilizaron algunas otras estrategias para promover la participación de los alumnos en clase, y se realizaron cambios en cuanto a la forma de evaluación, siguiendo las pautas del nuevo reglamento de estudios de la Universidad. Se cambió la plataforma virtual que se estaba utilizando por una en Moodle que ofrece ahora la institución, dado que brinda mayores posibilidades en cuanto a las herramientas disponibles y el seguimiento de las actividades de los alumnos, respecto de la anterior. En función de los resultados obtenidos en las distintas instancias evaluativas, la opinión brindada por los alumnos en encuestas realizadas y la retención de alumnos comparada con la de años anteriores, se puede concluir que la experiencia arrojó resultados positivos.

Palabras Claves: Estrategias de aprendizaje, Aprendizaje Activo, Aula invertida, Compromiso del estudiante.

ABSTRACT.

This paper shows some changes in methodological strategies implemented in the 2017 course of Numerical Analysis and Advanced Calculus of 3rd year of Industrial Engineering at Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional. First, the students' learning style was analyzed obtaining a visual-kinaesthetic tendency, as in the previous years. With the aim of achieving a greater commitment of students when studying this subject, it was decided to use the Flipped Classroom methodology, together with some innovating strategies. Results obtained in isolated experiences during the last year led to this decision. Some other strategies were used to promote active participation of students in class, and some changes in the way of evaluation were made, following the new study regulations of the University. The virtual platform was changed by one in Moodle, offered by the institution, as it gives better possibilities on the available tools and the students' follow-up than the options offered by the one used before. Based on the results obtained by students in the different evaluative instances, opinions collected in some polls conducted on them and students' retention compared to the one in previous years, it can be concluded that the experience yielded positive results.

1. INTRODUCCIÓN.

En la carrera Ingeniería Industrial que se dicta en la Facultad Regional San Nicolás, dependiente de la Universidad Tecnológica Nacional, la asignatura Análisis Numérico y Cálculo Avanzado está ubicada en el tercer año del plan de estudios. Es una de las últimas asignaturas del área matemática que cursan los alumnos que eligen esta carrera (le sigue Investigación Operativa en cuarto año). Se fue observando año tras año, que los alumnos no rendían la asignatura inmediatamente a la finalización del cursado, sino que la dejaban pendiente, muchas veces como última materia. En algunos casos, renovando la regularidad por un año; inclusive en casos particulares, habiendo ya agotado esta instancia, debieron volver a cursar. Con el objetivo de lograr un mayor compromiso de los alumnos en el estudio de esta asignatura, y mejorar el índice de aprobación de la misma, se decidió implementar algunos cambios en las estrategias de enseñanza utilizadas.

Durante el año 2016 se realizaron algunas experiencias de aula invertida en algunos temas del programa, con resultados prometedores [1]. Esto llevó a que en el año 2017 se intente aplicar la metodología de aula invertida desde el inicio del ciclo lectivo, además de introducir otras modificaciones. Este cambio fue todo un desafío no sólo para los alumnos, sino para los docentes, debido a la producción de material propio. Como material para realizar las actividades fuera del aula –acorde a la metodología de aula invertida– se desarrolló material específico en formato video, que los alumnos debían utilizar según consignas específicas brindadas en guías didácticas, no sólo para orientar a los alumnos, sino también para que no sean meros receptores pasivos del video.

Para acceder a estos materiales, se utilizó la plataforma virtual Moodle, disponible en la institución, que ofrece mayores posibilidades en cuanto a herramientas disponibles y seguimiento de las actividades de los alumnos, respecto a la que se venía utilizando.

Otra cuestión importante que se tuvo en cuenta para los cambios introducidos, fue el cambio del reglamento de estudios. A partir del ciclo lectivo 2017, todas las carreras de Ingeniería que se dictan en las Facultades Regionales dependientes de la Universidad Tecnológica Nacional, se rigen por un nuevo Reglamento de Estudios. Entre otras cosas, este nuevo reglamento modifica la nota mínima de aprobación (de aprobar con 4 se pasó a aprobar con 6), establece la evaluación continua y la promoción directa en todas las asignaturas, alcanzable con la aprobación de todas las instancias evaluativas. Esto llevó a rediseñar las instancias de evaluación, para adecuarse a la nueva reglamentación.

Se realizó inicialmente un análisis de los estilos de aprendizaje predominantes en el curso, de manera que las estrategias de enseñanza a considerar se adecúen al grupo.

Para conocer la opinión de alumnos y docentes, en cuanto a la forma en que se planteó la materia, se realizaron encuestas, de manera de obtener datos útiles para evaluar la experiencia. La información recolectada en estas encuestas, junto con el análisis de los resultados de las evaluaciones y la participación de los alumnos en las distintas actividades planteadas, se utilizan como herramientas para evaluar la efectividad de los cambios realizados.

En este trabajo, se exponen los resultados analizados, y se da una evaluación parcial de la experiencia a partir de los resultados y observaciones realizadas durante la primera mitad del año.

2. MARCO TEÓRICO.

La enseñanza efectiva requiere, como factor indispensable para lograr el aprendizaje, el compromiso del estudiante [2, 3]. Brison y Hand consideran que los estudiantes podrían comprometerse más con su proceso de aprendizaje si los docentes, por un lado, les propusieran actividades que los incentiven, que capten su atención, y por otro, les demandaran resultados más rigurosos y desafíos que les exijan un orden de pensamiento superior [4]. Siguiendo este argumento, Hockings y colaboradores, sostienen que los estudiantes más comprometidos deducen, investigan, evalúan, conectan ideas, en contraposición con aquellos que no se comprometen, los que toman sólo contacto superficial con el aprendizaje [5].

Una metodología que puede lograr el compromiso del alumno con su aprendizaje para aumentar la eficiencia de la enseñanza es la de invertir la clase, comúnmente llamada Flipped Classroom. Bergmann y Sams son los padres de esta técnica. Según estos autores, la clase invertida consiste en: “realizar en casa lo que tradicionalmente se hacía en clase, y lo que tradicionalmente se hacía como tarea realizarlo en clase” [6]. Es decir, se llevan las clases teóricas tradicionales fuera del aula, para que el tiempo en clase sea aprovechado con aprendizaje activo, es decir, con actividades en las que el alumno participe: trabajo en grupo, discusiones, simulaciones, experiencias, entre otras cosas. Mientras tanto, los alumnos reciben los contenidos de la clase teórica tradicional mediante videos, que pueden ver en sus hogares, desde cualquier dispositivo como una computadora, Tablet e inclusive desde los teléfonos inteligentes. De esta manera, no sólo se logra un aprendizaje participativo, con las actividades realizadas en clase, sino también un aprendizaje autónomo, en donde el estudiante maneja sus tiempos y lugares para realizar las actividades fuera del aula.

Anijovich y Mora [7] definen estrategias de enseñanza como “el conjunto de decisiones que toma el docente para orientar la enseñanza con el fin de promover el aprendizaje de sus alumnos. Se trata de orientaciones generales acerca de cómo enseñar un contenido disciplinar considerando qué

queremos que nuestros alumnos comprendan, por qué y para qué”. Cuando se eligen las estrategias de enseñanza para un determinado concepto, no sólo se deben considerar los contenidos y habilidades a enseñar, sino que se debe tener en cuenta los estilos de aprendizaje de los alumnos, para lograr atraer al alumno en el aprendizaje de dicho concepto. Felder y Silverman, basados en los conocimientos sobre educación en ingeniería del primero, y psicología educacional del segundo desarrollaron un modelo para determinar los estilos de aprendizaje de los alumnos de Ingeniería, el índice de estilos de aprendizaje para alumnos de Ingeniería, según cuatro dimensiones, en las que a su vez se consideran dos categorías. Cada dimensión se refiere a la forma en que las personas adquieren y procesan la información. La primera dimensión se relaciona con el tipo de información con que los estudiantes prefieren trabajar (percepción: sensitiva-intuitiva); la segunda analiza con qué sentido se percibe mejor la información (entrada: visual – verbal); la tercera tiene que ver con las acciones que el estudiante realiza con la información recibida (procesamiento: activo – reflexivo) y la última, indica cómo los estudiantes construyen su pensamiento desde la forma de organizar y estructurar la información (entendimiento: secuencial – global) [8].

3. DESCRIPCIÓN DEL CURSO Y DE LAS ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS APLICADAS.

El curso de Análisis Numérico y Cálculo avanzado en el ciclo lectivo 2017 fue más numeroso que otros años. Se inscribieron para cursar 59 alumnos, pero efectivamente comenzaron a cursar la asignatura 54. Este número de alumnos dificultó, entre otras cosas, el trabajo en el laboratorio de computación. Hubo 13 alumnos que abandonaron el cursado durante el primer cuatrimestre. Al retorno del receso invernal, permanecían 41 alumnos cursando la asignatura. Es decir, se tuvo al iniciar el segundo cuatrimestre, una retención de casi el 76%.

Se describen a continuación las nuevas estrategias de enseñanza aplicadas durante el desarrollo de la primera mitad del año.

3.1. Estilos de aprendizaje.

Se realizó a principio del ciclo lectivo un análisis del estilo de aprendizaje de los alumnos del curso, según el índice de estilos de aprendizaje de Felder y Silverman para estudiantes de Ingeniería [8]. Los resultados obtenidos se exponen en las Tablas 1 a 4 [9]:

Tabla 1. Estudiantes de Ingeniería Industrial clasificados por la dimensión activo-reflexiva

Preferencia	
Balanceada	61%
Moderadamente activa	25%
Moderadamente reflexiva	7%
Fuertemente activa	7%
Fuertemente reflexiva	0%

Tabla 2. Estudiantes de Ingeniería Industrial clasificados por la dimensión sensorial-intuitiva

Preferencia	
Balanceada	48%
Moderadamente sensorial	38.5%
Moderadamente intuitiva	4.5%
Fuertemente sensorial	9%
Fuertemente intuitiva	0%

Tabla 3. Estudiantes de Ingeniería Industrial clasificados por la dimensión visual-verbal

Preferencia	
Balanceada	50%
Moderadamente visual	23%
Moderadamente verbal	4%
Fuertemente visual	23%
Fuertemente verbal	0%

Tabla 4. Estudiantes de Ingeniería Industrial clasificados por la dimensión secuencial-global

Preferencia	
Balanceada	64%
Moderadamente secuencial	25%
Moderadamente global	0%
Fuertemente secuencial	11%
Fuertemente global	0%

Este grupo de estudiantes muestra una preferencia activa–sensorial–visual–secuencial, lo que permitió confirmar la elección de muchas de las estrategias consideradas.

3.2. Cambio de plataforma virtual.

Desde que se comenzó a dictar la asignatura Análisis Numérico y Cálculo Avanzado, se venía utilizando la plataforma virtual Piz@rrón, creada por el Grupo de Ingeniería & Educación (GIE) [10], donde los alumnos encontraban apuntes y guías de ejercicios, autoevaluaciones, recibían las notas de las evaluaciones en forma personalizada, y tenían también herramientas de comunicación sincrónica, un espacio de chat y correo. En cuanto al seguimiento de las actividades de los alumnos en la plataforma, sólo se podía ver cuántas veces habían ingresado, pero no se sabía qué habían hecho en la misma. En cuanto a poner a disposición videos en la plataforma, sólo se podía compartir un link en un documento de texto, sin poder visualizarlo dentro de la plataforma, ni saber si los alumnos lo habían visto o no.

3.3. Implementación de la clase invertida.

Para reforzar la obligatoriedad de visualizar los videos para las fechas estipuladas, se optó por mostrar los registros de la plataforma, que indican con detalle día y hora y duración de la visualización.

Se brindó también como material de la cátedra, sitios Web sobre cada tema, desarrollados por el GIE, con contenidos teóricos, ejemplos resueltos, aplicaciones a ingeniería, autoevaluaciones, y herramientas desarrolladas con software específico que implementan los métodos estudiados, permitiendo obtener resultados de manera inmediata para luego ser analizados [11].

La Web hoy es un gran repositorio de información, especialmente en formato de video. En particular, hay muchos videos que explican temas de matemática, pero el idioma suele ser un inconveniente, dado que la gran mayoría están grabados en inglés. También suele ocurrir muchas veces que los videos encontrados en castellano sobre un tema no se adecúan a la manera propia de encararlo, o no se tiene la certeza de que estén siempre disponibles [12]. Por ello, se decidió iniciar la producción del material necesario para desarrollar las clases invertidas en Análisis Numérico y Cálculo Avanzado. En la mayoría de los videos realizados se utilizó la aplicación Doceri (www.doceri.com) en un Ipad, que permite utilizar la Tablet como si fuera un pizarrón, grabando simultáneamente lo que se escribe sobre la misma y las explicaciones simultáneas dadas en forma oral. La versión gratuita deja una marca de agua. En algunos casos, se generaron videos a partir de presentaciones en PowerPoint, insertando las explicaciones en cada diapositiva mediante la grabadora de audio del programa. En la Figura 1 se observan imágenes de los dos tipos de videos ofrecidos a los alumnos. En ambos casos, los videos se suben a YouTube, y luego se publican en la plataforma virtual de la asignatura, alternados con preguntas sobre el tema, contenidos dentro de una lección. El hecho de alternar preguntas que son obligatorias de responder, hace que los alumnos no sean meros espectadores pasivos, sino que tengan algún tipo de interacción. Las respuestas de estas preguntas pueden ser luego controladas en los informes de la plataforma.



Figura 1 Ejemplo de videos producidos con distintas herramientas: (a) Doceri; (b) PowerPoint

Esta decisión de generar el material propio fue todo un desafío, ya que insume una gran cantidad de tiempo y dedicación.

3.4. Sondeo instantáneo.

De manera de captar el interés de los alumnos, se establecieron en algunas oportunidades preguntas para que los alumnos respondan en el momento desde las computadoras o desde sus teléfonos, sobre un tema que se estaba planteando. Con el cañón proyector, mientras tanto, se mostraba el resultado en vivo, a medida que ellos iban respondiendo. Por ejemplo, luego de deducir el método de la bisección y realizar algunos ejemplos, sin haber demostrado la convergencia del método, se planteó la pregunta “¿Consideran que el método de la bisección convergerá siempre a la solución de la ecuación no lineal? Al principio, se mostraron algo tímidos, pero a medida que iban viendo en pantalla las respuestas, empezaron a participar, y a discutir entre ellos por qué consideraban que debían responder sí o no. Esta actividad resultó altamente motivadora para luego realizar la demostración de la convergencia del método estudiado. Para realizar este tipo de actividades hay distintas herramientas, en este caso se utilizó Polleverywhere (www.polleverywhere.com). Se debe generar un usuario para poder generar sondeos, y se distribuye un vínculo para que los espectadores accedan. Es bastante sencillo de utilizar. Inclusive, se pueden insertar en presentaciones de PowerPoint.

3.5. Cambios en la evaluación.

La ordenanza 1549 de la Universidad Tecnológica Nacional establece el nuevo reglamento de estudios para las carreras de Ingeniería que se dictan en esta casa de altos estudios, aplicable a partir del ciclo lectivo 2017. En ella, entre otras cuestiones, se establece lo siguiente:

- Cambio de nota mínima de aprobación. Hasta el ciclo lectivo 2016, la nota mínima de aprobación era 4 (cuatro) A partir del ciclo 2017, el aprobado se obtiene con nota igual o superior a seis.
- Todas las cátedras deberán establecer condiciones para la aprobación directa basada en un régimen de evaluación continua. Para lograr la aprobación directa, los alumnos deberán alcanzar el requisito del 75% de asistencia, cumplir con las actividades de formación práctica y aprobar todas las instancias de evaluación. En este caso, la nota asignada al alumno será el redondeo del promedio de las notas obtenidas durante el cursado.

La cantidad de evaluaciones cambió muy poco respecto de años anteriores. Si cambió el tenor de las mismas. Hasta el año 2016, se tomaban por cuatrimestre, tres evaluaciones conceptuales, una evaluación parcial de práctica. Las notas de las evaluaciones conceptuales se ponderaban con la nota del parcial de práctica para dar una nota final (el parcial tenía un peso del 70%, y cada uno de los conceptuales el 10%, y si un alumno se ausentaba a un conceptual, simplemente perdía el 10% de la nota). Luego había una evaluación parcial de teoría, optativa para aquellos alumnos que se adherían a la promoción directa de la materia. Actualmente, por cuatrimestre se realizan tres evaluaciones práctico-conceptuales, obligatorias, y una evaluación parcial de teoría. Estas notas no se ponderan, sino simplemente se promedian al final del año para obtener la nota de aprobación en caso que todas sean iguales o mayores a seis.

Para mejorar la performance de los alumnos, y apaciguar las expectativas, se realizaron una serie de acciones, que se describen a continuación.

3.5.1. Establecimiento de los resultados de aprendizaje esperados.

Al inicio de cada unidad, se plantearon los resultados de aprendizaje esperados, alineados con los objetivos de aprendizaje establecidos en la planificación. Y las evaluaciones se alinearon con estos resultados de aprendizaje, y esto fue dicho al inicio de cada unidad. De esta manera, los alumnos pudieron hacerse una idea, al iniciar cada tema, de cómo iban a ser evaluados.

3.5.2. Realización de simulacros y autoevaluaciones.

La primera evaluación del año, fue en realidad un ensayo, pero éste no fue anunciado a los alumnos. Se realizó esta acción con el objetivo de que los alumnos estudien a conciencia, como para una evaluación real. La mayoría de ellos expresó estar de acuerdo con este simulacro, aunque algunos pocos manifestaron su desacuerdo. Luego, se discutió en conjunto cómo debía ser realizado cada ejercicio, y se corrigieron como una evaluación normal. En la plataforma se subió esta evaluación, y la rúbrica utilizada para corregirla

A partir de la segunda evaluación práctico conceptual, se ofrecieron previamente en la plataforma virtual autoevaluaciones conteniendo preguntas del tipo verdadero/falso u opción múltiple, con ejercicios similares a los que se iban a incorporar, donde la retroalimentación les brindaba un ejemplo de la forma en que deberían justificar.

3.5.3 Devolución y retroalimentación.

Las calificaciones obtenidas por los alumnos se informan mediante la plataforma virtual, en forma personalizada. Es decir, cada alumno ve sólo sus notas, no las de sus compañeros. En la clase

siguiente de la publicación de las calificaciones, se entregan temporalmente a los alumnos, para que puedan ver las correcciones, y se discute la solución de todos los problemas. De esta manera, se produce una retroalimentación, integrando efectivamente a la evaluación como parte del proceso de aprendizaje.

3.6 Encuestas de opinión.

Se realizaron durante el cuatrimestre encuestas en formularios de Google, con el objetivo de recolectar información sobre la opinión de los alumnos en cuanto al desarrollo de las clases, el material brindado y su desempeño. Algunos resultados se exponen en la sección siguiente.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE EVALUACIONES, ESTADÍSTICAS DE LA PLATAFORMA Y ENCUESTAS DE OPINIÓN.

4.1 Resultados de las encuestas.

Se realizó al finalizar la primera unidad una encuesta para recabar opinión sobre las clases en general, el uso de la plataforma virtual, y el material brindado [9].

- Con respecto al desarrollo de las clases:
La mayoría de los estudiantes consideró que fueron activas. Sólo dos expresaron que se iba demasiado rápido.
- Con respecto al material brindado:
Todos los estudiantes dijeron que el material fue suficiente. Algunas de las opiniones fueron:
 - ✓ *Me gustó la idea de los videos*
 - ✓ *El material fue más que suficiente. Me pareció útil tener videos explicando los distintos métodos estudiados.*
 - ✓ *Usar videos es atractivo, y hace que el aprendizaje sea más llevadero.*
 - ✓ *Me gustaron tanto la plataforma virtual como las clases interactivas*
 - ✓ *Me gustó mucho la propuesta de los videos, porque cuando pierdo algo en clase, lo puedo ver en mi casa. Me ayudó a estudiar.*
 - ✓ *Con respecto a los videos disponibles en Moodle, están bien explicados, y si no entendí algo, lo puedo ver cuantas veces lo necesite.*
 - ✓ *El material es completo y dinámico.*
- Con respecto a la plataforma virtual, sólo dos estudiantes expresaron tener dificultades en su uso. La mayoría se sintió cómodo.
- Con respecto a los sitios Web sobre los temas de la asignatura, dijeron haberlos visitado para consultar la teoría, ver ejercicios resueltos y para realizar la autoevaluación.
- Con respecto a los videos, dijeron preferir los que están escritos a mano versus los realizados en PowerPoint. Algunas de las razones expuestas fueron:
 - ✓ *Parece como si estuvieras en clase*
 - ✓ *Son fáciles de seguir*
 - ✓ *Porque las explicaciones se van dando paso a paso, a medida que se va escribiendo*
 - ✓ *Simulan una clase real*
 - ✓ *De alguna manera, captan mi atención*
 - ✓ *Prefiero los manuscritos, porque en las diapositivas la información aparece escrita, y pueden perderse algunos detalles.*
- Con respecto a la primera evaluación (real y ensayo), los alumnos las consideraron apropiadas, y expresaron que las preguntas realizadas fueron acordes a los resultados de aprendizaje presentados al principio de la unidad.

En otra encuesta realizada a mediados del cuatrimestre, remarcaron positivamente el hecho de disponer de las clases en video para poder verlas cuando lo necesitaban. Como aspecto negativo, indicaron estar disconformes con el poco espacio en el laboratorio y la insuficiencia de computadoras.

4.2 Informes de la plataforma.

En general, los registros de visualización de los videos muestran que la mayoría de los alumnos los vio al menos una vez durante el cuatrimestre. Haciendo un análisis de las visualizaciones de los videos versus las fechas de evaluaciones, se pudo apreciar que, en las cercanías de una evaluación, los videos de temas que se incluían en la misma fueron vistos nuevamente, principalmente cerca de la evaluación teórica.

Las autoevaluaciones ofrecidas en Moodle fueron realizadas por la mayoría de los alumnos.

4.3 Resultados de evaluaciones.

Con respecto a las evaluaciones del primer cuatrimestre, las tres primeras práctico-conceptuales fueron realizadas en las fechas establecidas, y se obtuvieron buenos resultados. Pero la cuarta evaluación, teórica, no se tomó en la fecha establecida a pedido de los alumnos, por superposiciones con otras asignaturas. La misma se debió postergar casi un mes. La tasa de aprobación en este caso fue inferior, se redujo a la mitad. Una suposición es que la dilatación de la fecha tuvo influencia en el rendimiento académico.

Se dio la opción de recuperar dos instancias evaluadoras, y con los resultados obtenidos, más de la mitad del curso está en condiciones de promover la asignatura: 23 alumnos sobre 41 (cabe aclarar, siempre y cuando obtengan nota mayor o igual a seis en las evaluaciones que restan). De los 18 alumnos que quedaron fuera de la promoción directa, sólo 3 tienen notas por debajo de cuatro, quedándoles la oportunidad de un examen integrador si finalizan el cursado, para poder presentarse a un examen final. El resto, de continuar con notas no menores a cuatro, queda en condiciones de rendir un examen final.

En general, los resultados obtenidos por el grupo se consideran satisfactorios.

5. CONCLUSIONES.

Si bien se presentaron algunos obstáculos durante la implementación de la metodología de clase invertida, en función de una primera lectura de los resultados obtenidos en las distintas instancias evaluativas y de las opiniones brindadas por los alumnos se puede considerar que, en general, la experiencia fue positiva.

La disponibilidad de los videos sobre las clases teóricas fue exitosa, observándose en los registros de la plataforma que los alumnos vuelven una y otra vez a consultarlos. Sin embargo, la gran extensión del programa y la cantidad de alumnos, hizo que se dificultara la realización de actividades de discusión y de trabajo autónomo en las clases.

No obstante, se notó una mayor retención de alumnos en el curso y se observaron mejores resultados en las evaluaciones, además de una mayor participación en clase.

La presión de la evaluación de teoría y los recuperatorios al inicio del segundo cuatrimestre (tomados fuera de término), que se hicieron fuera del horario de clase para no distorsionar el cronograma establecido perjudicó la asignación de actividades de visualización de videos. Por lo tanto, el primer tema del cuatrimestre fue abordado con la metodología tradicional. Se sondeará más adelante la opinión de los alumnos al respecto.

Los obstáculos encontrados y las opiniones de los alumnos serán considerados a la hora de planificar las estrategias metodológicas en lo que resta del año.

6. REFERENCIAS.

- [1] Rodríguez, Georgina; Caligaris, Marta; Laugero, Lorena. (2016) "Una experiencia de clase invertida en Ingeniería Industrial". *IX Congreso de Ingeniería Industrial – COINI 2016*. Salta, Argentina.
- [2] Barkley, Elizabeth. (2010), *Student engagement techniques: A handbook for college faculty*. San Francisco: Jossey- Bass.
- [3] Brison, Coline. & Hand, Len. (2007), "The role of engagement in inspiring teaching and learning". *Innovations in Education and Teaching International*. 44(4), 349-362. <http://dx.doi.org/10.1080/14703290701602748> (última consulta 13/07/2017)
- [4] Coates, Hamish. (2006) *Student engagement in campus-based and online education: University connections*. London: Routledge. Londres y Nueva York. Disponible en <http://iro.aua.am/files/2012/04/Student-Engagement-in-Campus-Based-and-Online-Education-University-Connections-2006.pdf>
- [5] Hockings, C., Cooke, S., Yamashita, H., McGinty, S., & Bowl, M. (2008) "Switched off? A study of disengagement among computing students at two universities". *Research Papers in Education*, 23(2), 191–201.
- [6] Bergmann, Jonathan y Sams, Aaron (2012) *Flip Your Classroom. Reach every Student In Every Class Every Day*. ISTE-ASCD, Virginia.
- [7] Anijovich, Rebeca y Mora, Silvia. (2010) *Estrategias de enseñanza. Otra mirada al quehacer en el aula*. (2010). Aique Grupo Editor. Primera edición. Buenos Aires. Argentina.
- [8] Felder, Richard; Silverman, Linda (1988) "Learning and Teaching Styles in Engineering Education". *Engineering Education*, 78(7), 674–681.
- [9] Rodríguez, Georgina; Caligaris, Marta; Laugero, Lorena y Cabo, Natalia. (2017) "Changing the way of teaching to empower students' learning". *Ninth Annual International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN)*. Barcelona, España.
- [10] Caligaris, Roberto; Rodríguez, Georgina; Caligaris, Marta; Tello, Jordán y Corres, Bernabé. (2006) "Piz@rrón 2006. La nueva aula virtual de la FRSN". *IV Seminario Internacional, II Encuentro Nacional de Educación a Distancia*. Córdoba, Argentina.

- [11] Caligaris, Marta; Rodríguez, Georgina; Laugero, Lorena. (2014) "Using the Web as part of the classroom in Numerical Analysis Courses" *4th World Conference on Educational Technology Researches (WCETR)*. Barcelona, España.
- [12] Rodríguez, Georgina; Gonzalez, María Celeste y Pacini, Carina (2017) "La clase invertida como modelo para la enseñanza de integrales indefinidas en un curso de Ingeniería" *Educación Matemática en Carreras de Ingeniería: XX Encuentro Nacional, XII Internacional*. Santiago del Estero, Argentina.

MODELOS DE DESERCIÓN TEMPRANA

Volpe, Juan Ignacio

Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires
CP C1063ACV. Juan.volpe90@gmail.com

RESUMEN

En el presente trabajo se buscará establecer la **probabilidad individual de deserción** para los alumnos ingresantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA).

El resultado del trabajo será el modelo completo con su desarrollo, incluyendo los parámetros con todas las pautas necesarias para su aplicación y el análisis de los principales hallazgos a partir del análisis.

Dada la naturaleza de las variables que permiten modelizar la deserción, se recurre a modelos de regresión logística. Los mismos trabajan con variables dependientes de dos estados, que para el presente trabajo serán “Y=1” si el alumno abandonó sus estudios, e “Y=0” si continúa en la facultad. Por lo tanto, el resultado del modelo será la probabilidad de deserción que siempre tomará valores entre 0 y 1.

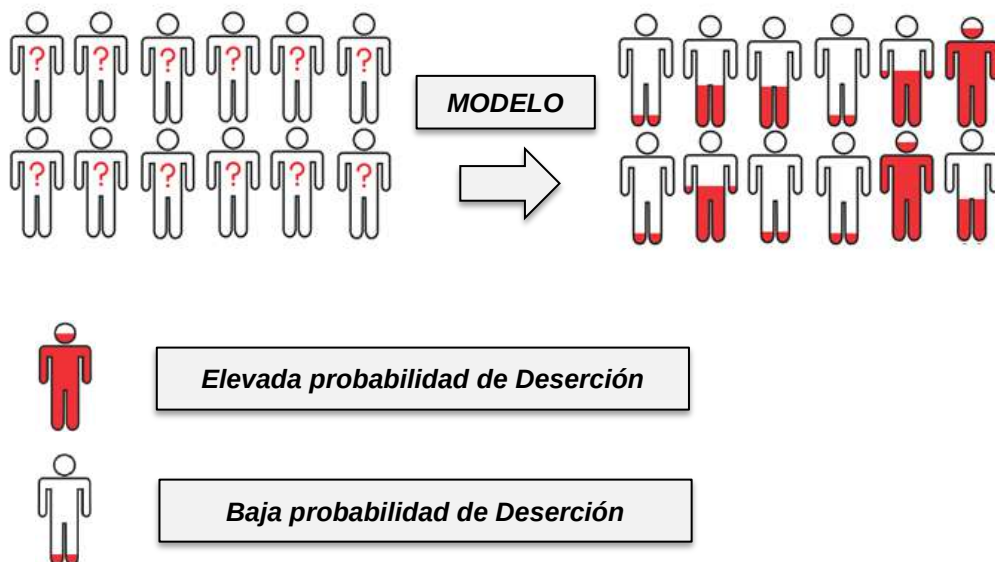


Figura 1 Ejemplo de aplicación del modelo

Sobre los modelos, se espera que puedan detectar a los alumnos con mayor riesgo de deserción para que el equipo correspondiente pueda hacer trabajo preventivo sobre los mismos y evitar dicha pérdida, tanto para el alumno como para la facultad, en una sociedad que tanto necesita de ingenieros.

El modelo se estimó utilizando una base de 2796 alumnos de ingeniería que ingresaron en las camadas 2011-2013. Los datos fueron provistos por la Dirección de Calidad Educativa de forma codificada y la base cuenta con 80 variables (entre las reales y las ficticias creadas con propósitos de consolidar información) las cuales están agrupadas en 4 bloques: Variables Académicas, Variables Personales, Variables Demográficas y Variables Socio-Económicas.

ABSTRACT

In the present paper, we will try to define the disaggregated dropout probability, using statistical methods. The study will be framed within all engineering students from the University of Buenos Aires.

The outcome of this work is a complete model with the full development and all parameters, including the needed steps for its right application. Furthermore, it will contain the most important insights discovered along the investigation.

Due to Dropout's variables nature, for its modeling we must rely on non-linear models such as Logistics Regressions. These models include as dependent variable a two-state variable, which is aligned with the Dropout/Non-Dropout nature. In this case, it will be " $Y=1$ " if the student does abandon college, and " $Y=0$ " if he continues with his/her studies. To conclude with, the output of the model will always be the probability of dropout, which will always have a value between 0 and 1.

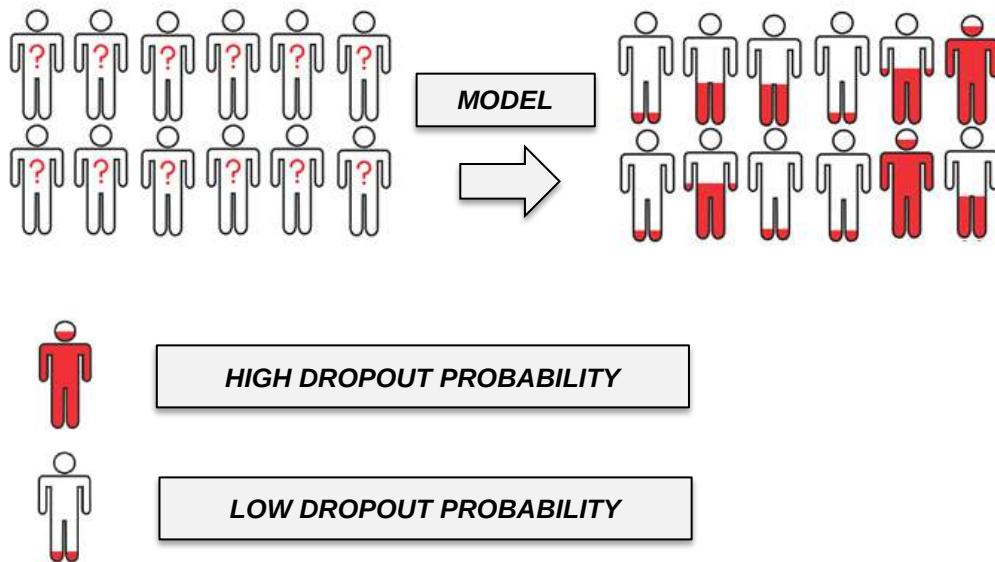


Figure 1 Example of the model application

About the models, we expect them to detect students that are most likely to dropout in order to let the respective team apply on them preventive strategies to avoid the predicted behavior. The modeling was estimated using a sample of 2796 students that started college within 2011-2013. The database was provided by "Dirección de Calidad Educativa" from the University. The entire student's information was coded. The database has 80 variables (summing up all the real and created variables). Those variables are divided into 4 groups: Academic Variables, Personal Variables, Demographic Variables and Social-Economic Variables.

1. INTRODUCCIÓN

La deserción en la educación es uno de los grandes males que afecta a todas las sociedades. La educación es el futuro y uno de los pilares que genera un crecimiento sostenido en el mediano y largo plazo.

La escasez de ingenieros es un gran problema para el desarrollo científico y productivo. Los ingenieros son la fuerza para el desarrollo debido a sus habilidades y conocimientos, por lo tanto es crucial contar con suficientes profesionales para poder satisfacer las necesidades de las distintas industrias.

Debido a esto, en la actualidad se están tomando medidas para aumentar la cantidad de graduados. Es de esperarse que la cantidad de inscripciones aumente, y con ello la cantidad de desertores en valor absoluto, lo que repercute en un aumento del costo asociado a la deserción en sus múltiples facetas, y por lo tanto pasa a ser mucho más importante entenderla para poder prevenirla.

1.1 El mal de la deserción en la sociedad

La deserción no solo tiene un impacto económico, sino también social. La educación es clave para el desarrollo de las industrias nacionales así como para el país lo es contar con jóvenes profesionales que sean el semillero de los futuros líderes. Por lo tanto, la importancia de este tema excede las ventajas cortoplacistas en términos de eficientización de presupuesto (al detectar tempranamente a los potenciales desertores), siendo una problemática de índole largoplacista.

Pero realmente la pregunta es, ¿cómo podemos solucionarla? Este debate no es nada nuevo. Durante mucho tiempo grandes equipos compuestos por profesionales de distintos entornos han trabajado sobre los mismos interrogantes que dispararon este trabajo. La presente investigación pretende sumar un pequeño grano de arena a todos los estudios que se están llevando a cabo, en este caso desde un punto de vista matemático, aprovechando las grandes ventajas que nos ofrece esta época en cuanto a la facilidad para recopilar grandes masas de datos y analizarlas estadísticamente.

En esta investigación se analizará mediante métodos estadísticos la trayectoria académica y demás variables socio-económicas, demográficas y psicográficas de estudiantes universitarios para entender cómo se llega a la decisión de desertar y así poder modelarla.

1.2 Marco de la deserción

Para entender la deserción es importante darle un marco dimensional. Por lo tanto, se analiza desde lo más general observando la deserción en niveles globales, para desagregarla hasta llegar a la posición donde podemos modelar estadísticamente a cada individuo.

1.2.1 Situación Global y de la Argentina

El abandono de los estudios es un problema global. En números, en los Estados Unidos llega al 50%, en Francia oscila entre el 36% y el 75% y en España alcanza el 72% en algunas carreras. Con lo anterior, podemos verificar que la situación de abandono universitario es una preocupación mundial.

Más allá de que las últimas décadas se caracterizan por un aumento en la tasa de escolarización en los distintos niveles de educación, según estudios de Aparicio de Santander Argentina se encuentra en una etapa de crecimiento de la brecha en la educación, donde mientras todavía se debate entre calidad y cantidad, el abandono y la crisis continúan creciendo en un ámbito psicosocial frustrado debido a las limitaciones estructurales.

Además, el autor define la postura de la Argentina como en un periodo donde el objetivo primario es la democratización de la enseñanza y la igualdad de oportunidades.

Según el anuario de 2009 de Estadísticas Universitarias (Ministerio de Cultura y Educación, Secretaría de Políticas Universitarias) para la Argentina la deserción promedio era del 61% aproximadamente en línea con las tendencias globales.

1.2.2 La FIUBA y la deserción

De acuerdo al Informe elaborado por la Secretaría de Asuntos Académicos de la UBA con referencia al CBC en el período 1996-2008 (Tabla 1), se observa que la FIUBA representa el 8% de los ingresantes, siendo la séptima en toda la UBA. El seguimiento de la cohorte 2005 demostró que el 30% de los inscriptos no demostraba actividad luego de los 6 cuatrimestres que definen a los alumnos como regulares en este ciclo (CBC).

Tabla 1 Deserción por Facultad

Cuadro 2 - Inscriptos por Facultad años 2005 y 2006					
Orden	Facultad	Numero de nuevos alumnos	%	Numero de nuevos alumnos ⁸	%
1	Medicina	11117	18,1	9991	17,4
2	Ciencias Económicas	9327	15,2	8459	14,8
3	Arquitectura, Diseño y Urbanismo	7901	12,9	8407	14,7
4	Derecho	7101	11,6	6361	11,1
5	Ciencias Sociales	5832	9,5	5366	9,4
6	Psicología	5498	9,0	4802	8,4
7	Ingeniería	4911	8,0	4716	8,2
8	Filosofía y Letras	3007	4,9	2756	4,8
9	Ciencias Exactas y Naturales	1824	3,0	1728	3,0
10	Farmacia y Bioquímica	1702	2,8	1622	2,8
11	Ciencias Veterinarias	1326	2,2	1302	2,3
12	Agronomía	953	1,6	926	1,6
13	Odontología	831	1,4	840	1,5
	Total	61330	100	57276	100

En la Tabla 2 se pueden verificar los números de las tasas de rendimiento por carrera. (Datos - DESEMPEÑO ACADÉMICO DE LA POBLACIÓN ESTUDIANTEL Septiembre 2013 - Facundo Altuna - Mariano Bonoli - Anahí Mastache). La tasa de rendimiento es definida como el porcentaje de alumnos que finalizan sus estudios en relación al número de alumnos matriculados al inicio de los mismos. Estos números muestran una **tasa de rendimiento muy dispersa pero aún así preocupante**

Tabla 2 Tasa de Rendimiento por Carrera dentro de FIUBA

Carrera	GLOBAL (CBC + GRADO)
Industrial	22,73%
Química	19,64%
Civil	16,54%
FIUBA	11,75%
Mecánica	10,30%
Electrónica	9,44%
Naval y Mecánica	7,53%
Electricista	5,41%
LAS	3,00%
Agrimensura	-
Informática	-

Como conclusión inmediata es observable que el promedio FIUBA se encuentra en 11,75%, lo que significa que en una base media, se esperaría que se gradúe solo 1 de cada 9 alumnos.

1.3 Estado del conocimiento

La deserción fue ampliamente estudiada en el tiempo por grandes investigadores. Dado que el modelo necesario para cumplir con los objetivos propuestos debe ser operable y aplicable individualmente necesitamos un enfoque micro, para lo cual nos apoyaremos en los modelos teóricos (ej. Modelos de Tinto, Modelos de Bean), pero al que se le dará forma a través de métodos estadísticos (ej. Modelos de Respuesta Binaria).

Una de las principales investigadoras del tema es L. Stratton (2005) en su paper "A Multinomial Logit Model of College Stopout and Dropout Behavior" donde realiza un estudio similar al que evaluaremos en nuestra investigación. Para lo siguiente L. Stratton realiza (debido a que los datos

le permiten) una distinción entre alumnos que abandonan pero luego retoman sus estudios y alumnos que salen definitivamente del sistema educativo. En su investigación hace foco en todas las decisiones que toman los alumnos durante su primer año luego de matricularse. En el mismo propone un “modelo de utilidad aleatoria” donde los posibles escenarios son el abandono temporal, el abandono permanente y un tercer escenario en el cual el alumno continúa sus estudios de forma regular. L. Stratton (2005) define a la utilidad de la siguiente manera,

$$U_{ji} = X_{ij}\alpha_j + e_{ji} \quad (1)$$

donde la función depende tanto de “i” que denota al individuo y “j” que denota la elección que toma cada alumno. Aunque esta utilidad no se puede ver, lo que se supone es que el estudiante hace un ranking de sus opciones tomando así la que racionalmente maximiza su utilidad. Para resolver matemáticamente el autor utiliza un modelo denominado Multinomial Logit Model mediante el cual estima los parámetros pedidos.

Entre sus conclusiones demuestra que las decisiones que toman los alumnos están relacionadas con el contraste de los nuevos resultados e información que recibieron a lo largo de su primer año versus las expectativas que acarreaban.

De aquí concluye de forma fuerte que uno de los factores más importantes que hacen a las expectativas revisadas es el rendimiento académico del primer año.

2. METODOLOGÍA

Dentro de este capítulo se presentarán los pasos a seguir y las fuentes de datos a partir de las cuales se extrajeron las muestras. Luego se concluirá con las estrategias estadísticas que fueron utilizadas con el fin de alcanzar los objetivos propuestos.

2.1 Definición de deserción

Para el estudio se tomará en cuenta como momento de estimación el ingreso a la Facultad de Ingeniería una vez superada la etapa del CBC. La predicción de deserción hace foco sobre el abandono que sucede a lo largo de este primer año siendo que dicho año es donde suceden la gran mayoría de casos.

2.2 Muestras utilizadas

Los datos fueron provistos en su totalidad por la Dirección de Calidad Educativa (DCE). Se trabajó con distintas muestras las cuales se consolidaron en una sola muestra maestra. Para poder desarrollar el modelo propuesto fueron solicitados los siguientes datos:

Para los alumnos ingresados en el “período 2011-c1 al 2013-c1”:

- Información del historial académico
- Datos socio-demográficos disponibles

2.3 Codificación

La información enviada de los alumnos fue preparada especialmente de tal manera que no sea posible su identificación. Para ello se proveerá un código de alumno que no tendrá relación con número de padrón ni con el DNI. Con esto se protege la identidad y confidencialidad de los mismos.

2.4 Trabajo sobre la muestra

Más allá que la muestra inicial ya estaba validada por la Dirección de Calidad Educativa, se hizo una homogenización de la muestra para llevarla a factores coherentes entre las 2 muestras fuente. De los 2812 casos en cuestión se tomaron como operativos a 2796 debido a, entre otras cuestiones, falta de valor en algunas variables.

La muestra final se distribuye entre todas las carreras de ingeniería, como se muestra en la Figura 2.

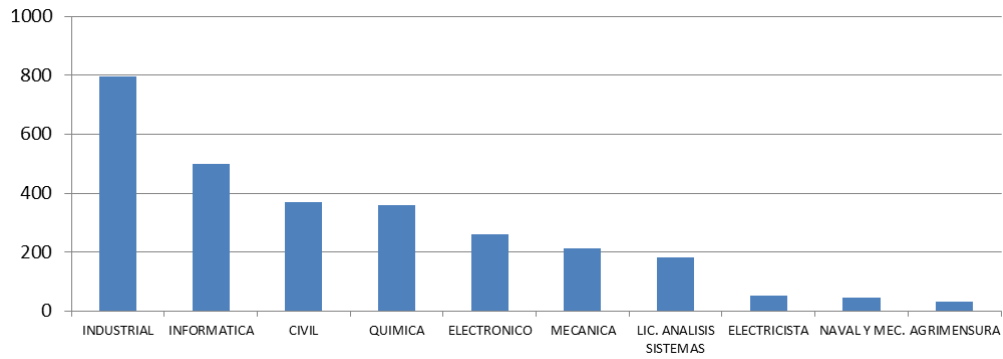


Figura 2 Cantidad de ingresantes por carrera dentro de la muestra

Entre las variables reportadas y ficticias se cuenta con 80. Las mismas fueron agrupadas *a priori* en los siguientes 4 grupos

- Variables Académicas
- Variables Socio-económicas
- Variables Personales
- Variables Demográficas

2.5 Metodología estadística

Debido a la naturaleza binaria del fenómeno de la deserción no es posible trabajar con el enfoque clásico de las regresiones. Por lo tanto será necesario plantear modelos no lineales como la Regresión Logística.

Este modelo utiliza la función de distribución logística, y queda reflejado mediante las siguientes expresiones.

$$\pi_i = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 \cdot X_i)}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 \cdot X_i)}} = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 \cdot X_i)}} \quad (2)$$

$$Y_i = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 \cdot X_i)}} + \varepsilon_i \quad (3)$$

Como se observa en el Figura 3, este modelo presenta curvas asintóticas a 0 y 1 con lo que se asegura que la variable dependiente cumplirá con uno de los principios básicos de la probabilidad, que exige que la misma esté siempre entre 0 y 1.

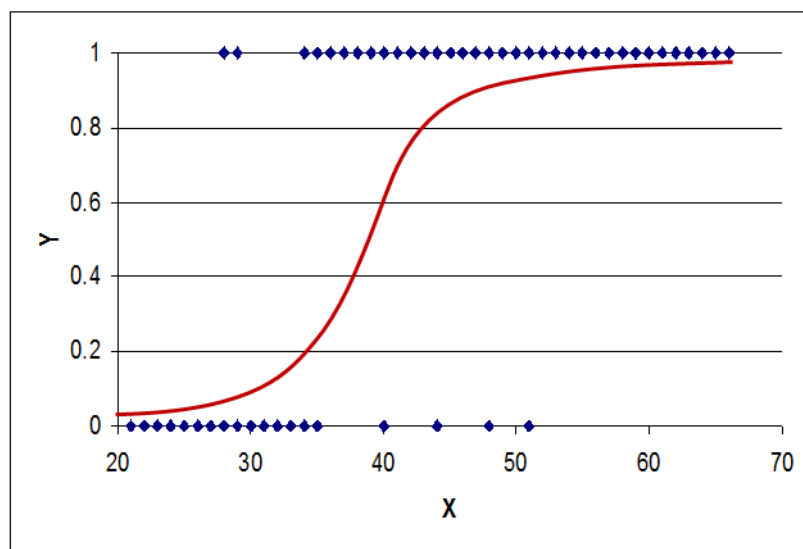


Figura 3 Ejemplo de curva sigmoide

Es importante puntualizar una diferencia fundamental entre el planteo de un modelo de regresión clásico y un modelo de regresión de respuesta binaria. En los modelos de regresión clásico, al evaluar la ecuación del modelo, se obtiene directamente el valor estimado. En cambio, en los modelos de respuesta binaria, al evaluar la ecuación de regresión no se obtiene una estimación de Y_i ($\hat{Y}_i$), sino una estimación de π_i ($P_i = \hat{\pi}_i$), que en realidad es la probabilidad de que Y_i tome el valor uno:

$$\pi_i = P_i = P(Y_i = 1)$$

Por lo tanto, para poder estimar el valor de $\hat{Y}_i$ se debe recurrir a la clasificación que consiste en considerar a $\hat{Y}_i = 1$ o $\hat{Y}_i = 0$ de acuerdo con el valor de probabilidad ($P_i = \hat{\pi}_i$) cuyo proceso se muestra en el modelo explicado en la Figura 4.

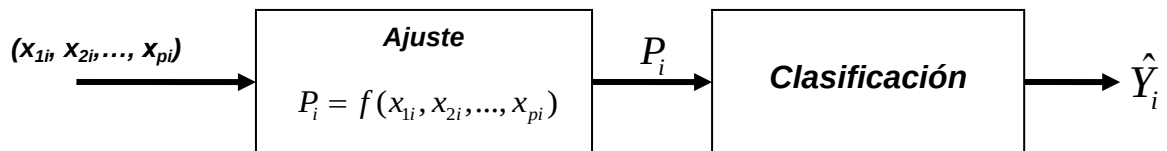


Figura 4 Método de clasificación

2.6 Desarrollo de la investigación

En este apartado serán detallados los pasos que tuvieron que atravesarse para conseguir los resultados que serán presentados en la sección próxima.

Para llevar adelante la investigación, se procedió a hacer un análisis por bloque de variables. Los bloques utilizados fueron los especificados en 2.1.3 dentro de este mismo capítulo.

Dentro de los respectivos bloques (previa modelación estadística) se hicieron análisis descriptivos que permiten entender a priori la causalidad de la deserción y enmarcarla dentro de distintas categorías tales como: tipo de carrera, nivel académico de los padres, residencia del alumno o situación laboral del alumno.

Para continuar se procedió a realizar modelos estadísticos dentro de cada bloque. Esto es el análogo al análisis previo unidimensional que se utiliza regularmente en este tipo de modelizaciones. A partir de dicho análisis se espera una aproximación de cuáles son las variables más significativas. Siendo este un resultado direccional (ya que no tiene en cuenta los efectos resultantes de mezclar los bloques) igualmente permite tener una aproximación inicial de las variables que podrían pesar en el modelo completo.

Para cada bloque se llega a una conclusión que surge como resultado del análisis descriptivo, de coeficientes y de significancia de los modelos por bloque.

Para concluir, se procede a desarrollar el modelo final. Para esto es necesario contar con métodos y heurísticas que permitan trabajar con grandes cantidades de variables. Por lo tanto, se recurre a la herramienta STEPWISE-REGRESSION (entorno R) que partiendo de un modelo completo va quitando y agregando variables en función de los valores de AIC (Akaike Information Criterion) resultantes. Dado que su resultado no tiene en cuenta la significancia de cada variable por separado, es necesario refinar su resultado de forma manual. Para esto se utilizaron como base de análisis algunos de los resultados de los estudios por bloque, la significancia de los coeficientes y el test de curvas ROC.

Para finalizar, se procedió al correspondiente análisis de coeficientes, a la propuesta de asignación óptima en grupos de riesgo y al análisis de los Odd Ratios con el fin de obtener *insights* del modelo mismo.

3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Descriptivamente se muestra el fenómeno de la deserción en forma relativa y absoluta. Segmentando por carrera se puede observar la Figura 5, donde se hallan tres carreras en grave riesgo. Ingeniería Química e Ingeniería Informática por tener alto número de abandono tanto en términos absolutos como porcentuales, e Ingeniería Industrial que si bien porcentualmente está por debajo de la media, posee la mayor cantidad de ingresos en términos absolutos, por lo que su deserción tiene gran peso dentro del total y en este sentido, es altamente preocupante.

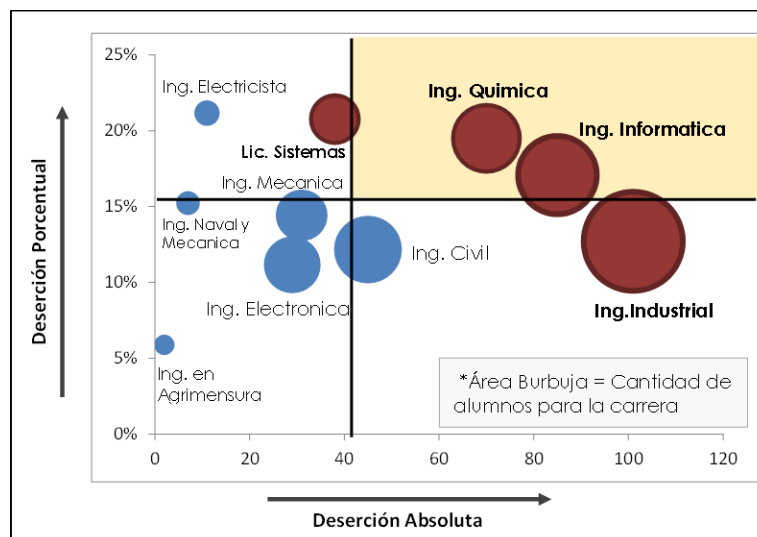


Figura 5 Gráfico de Deserción absoluta vs porcentual

3.1 Modelo final Logístico

El modelo final obtenido es el que se definió con los parámetros de la Tabla 3. Para la predicción de la probabilidad, el modelo tiene en cuenta como variables más significativas el hecho del que el alumno esté trabajando, la ocupación del padre y el tiempo que tardó en concluir el CBC.

Tabla 3 Resumen de las variables del modelo final

Variable	Estimate	Odd Ratio	Pr(> z)	Significancia	Sentido Coeficiente
(Intercept)	-320.10	0.00	0.040466	*	na
trabajaSi	0.48	1.61	0.000176	***	Correcto
padre_ocupacion_profesional1	-0.36	0.70	0.002489	**	Correcto
DuracionCBC	0.14	1.15	0.007975	**	Correcto
INGENIERIA.QUI.MICA1	0.42	1.53	0.011601	*	na
NOTA3ALGEBRA	-0.09	0.92	0.021245	*	Correcto
Bs.o.Interior1	0.57	1.77	0.027439	*	Correcto
EntradaCuatCBC	0.02	1.02	0.041172	*	Correcto
NOTA6IPC	-0.08	0.93	0.045452	*	Correcto
ingf_cuat	0.25	1.29	0.054333	.	Correcto
NOTA2QUIMICA	-0.07	0.93	0.074046	.	Correcto
INGENIERIA.CIVIL1	-0.26	0.77	0.17184		na

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

A partir del análisis de los coeficientes y los riesgos relativos se concluye:

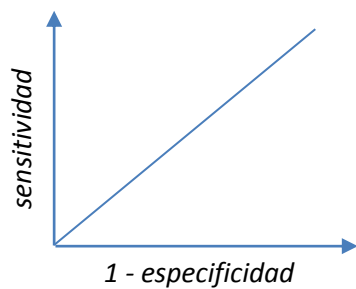
- Si un alumno trabaja tiene 1,61 más chances de ser desertor que uno con dedicación exclusiva.
- El hecho de que el padre del alumno sea profesional reduce las chances de que el mismo abandone sus estudios en un 30%.
- Los alumnos provenientes del interior muestran mejores resultados versus los de Buenos Aires dado que estos últimos tienen 1,77 veces más chances de abandonar sus estudios.
- Por cada cuatrimestre extra que un alumno tarda en terminar el CBC este tiene 1,15 más chances de discontinuar sus estudios.
- Mientras que el cuatrimestre de entrada al CBC no muestra efecto sobre la deserción, los alumnos que entran a FIUBA en el Segundo Cuatrimestre (variable *ingf_cuat*) tienen 1,3 más chances de abandonar sus estudios.

3.2 Área bajo la curva ROC

Siendo los principales testeos el valor de AIC y la significancia de los coeficientes, es importante también evaluar las curvas ROC (Receiver Operating Characteristics). A través de dichas curvas se puede evaluar el poder de discriminación de un modelo evitando el sesgo resultante de la elección del parámetro de corte C.

Consiste en un gráfico que lleva en abscisas los valores de $(1 - \text{especificidad})$ y en ordenadas los valores de Sensitividad. Cada punto de corte C, define un punto de la curva ROC. En el caso extremo, un modelo con capacidad para discriminar en forma perfecta tendría un área bajo la curva igual a 1.

Desde la perspectiva del ROC, Ingeniería Industrial e Ingeniería Informática muestran los mejores resultados, mientras que el resto de las carreras poseen resultados aceptables.



SENSITIVIDAD:

$$\frac{\text{No Desertores Pronosticados}}{\text{No Desertores Totales}}$$

ESPECIFICIDAD:

$$\frac{\text{Desertores Pronosticados}}{\text{Desertores Totales}}$$

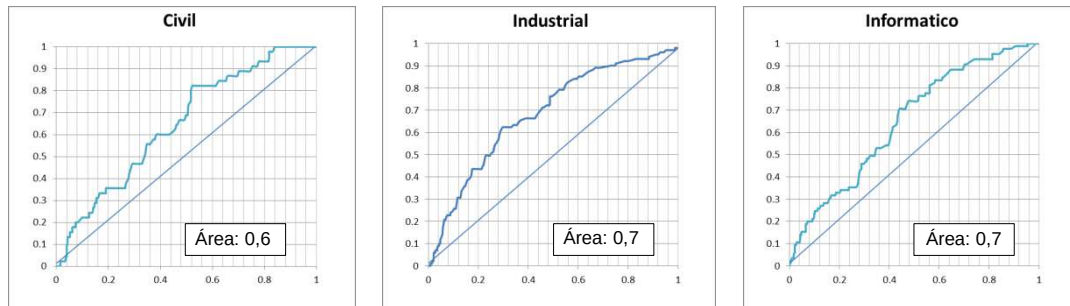


Figura 6 Curvas ROC por carrera

3.3 Segmentación en función del riesgo

A partir del modelo generado se pueden detectar a aquellos alumnos con mayores probabilidades de deserción y con ello delimitar un punto de corte. Esto permite generar grupos de riesgo y optimizar los recursos asignados a mejorar el desempeño de los alumnos. Es lógico que el **porcentaje de desertores** aumente en la medida que tomamos grupos de mayor Riesgo de Deserción.

Tabla 4 Resultados agrupados por rangos de probabilidad

Probabilidad	Total Alumnos	Desertores	% Detección
Sin Modelo	2796	417	15%
Con Modelo			
>0.4	14	5	36%
0.35-0.4	35	14	40%
0.3-0.35	96	27	28%
0.25-0.3	159	40	25%
0.15-0.2	605	122	20%
0.2-0.25	332	65	20%
0.1-0.15	877	101	12%

La tabla anterior también permite observar cómo a mayor probabilidad de deserción el modelo se torna mucho más eficiente en la detección. El ordenamiento es lógico y permite hacer el corte de acuerdo a los recursos disponibles, optimizando la asignación de los mismos a los alumnos más vulnerables a la deserción.

3.4 Insights del modelo

Durante el desarrollo de la investigación se realizaron una gran cantidad hallazgos, vale la pena mencionar algunos de los más importantes.

3.4.1 La importancia del entorno familiar del alumno

Como es de esperarse, el entorno del estudiante juega un papel clave en sus primeros años universitarios. Se encuentran resultados con respecto a la deserción cuando se evalúan distintos grados de nivel educativo y profesional de los padres.

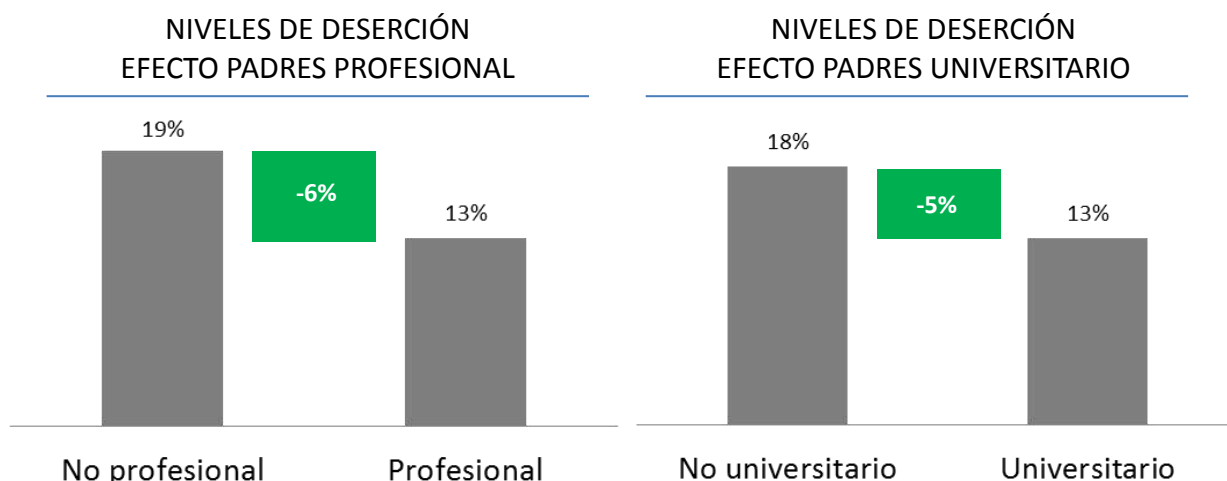


Figura 7 Deserción en función de los niveles de profesionalismo y estudios de los padres

Se destaca con el gráfico anterior que en los casos donde los alumnos poseen padres profesionales y/o universitarios, **se reduce la deserción en casi un tercio**.

3.4.2 La importancia del perfil alumno

El perfil del alumno fue también un aspecto clave estudiado a lo largo de la investigación. Algunos de los resultados encontrados mostraron una fuerte relación entre el desempeño y las horas trabajadas y en adición, rechazaron el mito de la superioridad del desempeño en las escuelas técnicas con respecto al bachiller, ya que no se encontraron mayores diferencias en la tasa de deserción de dichos alumnos.

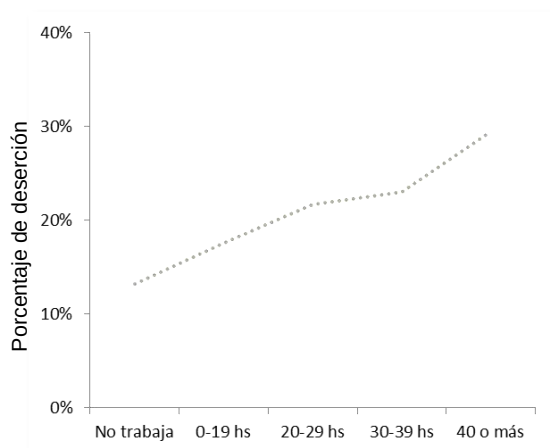


Figura 8 Porcentaje de deserción vs horas trabajadas

Tabla 5 Niveles de deserción según procedencia

	Activo	Inactivo
Estatal	84,29%	15,71%
Privado	84,42%	15,58%
	Activo	Inactivo
Bachiller	83,68%	16,32%
Técnico	85,05%	14,95%

EL PORCENTAJE DE ACTIVO MUESTRA LOS NIVELES DE ALUMNOS QUE NO SON DESERTORES, MIENTRAS QUE LOS INACTIVOS REFLEJAN EL PORCENTAJE DE DESERCIÓN EN DICHO GRUPO.

3.5 Observaciones finales

La deserción es un fenómeno ampliamente estudiado. Este trabajo, dada su naturaleza de investigación estadística, tomó un aspecto más técnico y buscó capturar los insights más accionables sobre los cuales sentar bases para que futuros trabajos sean realizados.

El estudio utilizó los métodos necesarios de las ciencias estadísticas para modelar el abandono y, estudiando la historia pasada, predecir resultados en los alumnos de las camadas más recientes. También es necesario observar la importancia de las ciencias de la tecnología (los avances en IT). De no ser por ellos hubiese sido muy difícil (si no imposible) manipular las masas de datos que trabajamos. Con muestras de casi 3 mil alumnos los resultados fueron robustos y en tiempos cortos de procesamiento.

Por último, se espera que este trabajo sea un disparador de muchos nuevos proyectos. Principalmente la incorporación de un factor que permita a la regresión modelar los comportamientos *soft* del alumno, para lo que se propone el desarrollo de un “Factor de Personalidad” a partir de métodos de estadística multivariante. También se propone un análisis de profundidad tomando como punto de partida los *drivers* de deserción más importantes que resultaron de los modelos estadísticos desarrollados a lo largo de este trabajo.

4. REFERENCIAS (del estudio completo)

Bean J. And Metzner B. (1985). A Conceptual Model Non-Traditional Undergraduate Student Attrition. Review Of Educational Research. Vol. 55, N° 4: 485-540.

García R.M. (2004) Inferencia Estadística Y Diseño De Experimentos (Primera Edición). Argentina. Eudeba.

Himmel E. (2002) Modelos De Análisis De La Deserción Estudiantil En La Educación Superior Revista Calidad De La Educación. Consejo Superior De Educación. Ministerio De Educación, Chile. N° 17: 91-108.

Hosmer D. Y Lemeshow S. (2000). Applied Logistic Regression (Second Edition). United States. John Wiley & Sons

Litwin – “Ciclo Básico Común De La Universidad De Buenos Aires: Informe Y Propuestas. Secretaría De Asuntos Académicos. Universidad De Buenos Aires” (2008). Edición: Marilina Lipsman Y Diana Zadunaisky.

Lorenzano (2008) - La Deserción Universitaria En La Universidad Nacional De Tres De Febrero.

Ozga J. Y Sukhmandan, L. (1998) Undergraduate Non-Completion: Developing An Exploratory Model, Higher Education Quarterly, 52: 3, Pp. 316-333.

Peralta (2008) Modelo Conceptual Para La Deserción Estudiantil Universitaria Chilena. Estudios Pedagógicos Xxxiv, N° 2: 65-86, 2008

Revista De La Educación Superior Issn: 0185-2760 Vol. XI (4), No. 160 Octubre - Diciembre De 2011, Pp. 29 – 49. ¿Desertores O Decepcionados? Distintas Causas Para Abandonar Los Estudios Universitarios.

Sinclair H. Y Dale T. (2000) The Effect Of Student Tuition Fees On The Diversity Of Intake Within A Scottish New University. Paper Presented At British Educational Research Association Annual Conference, Cardiff University.

Stratton L. (2005) A Multinomial Logit Model Of College Stopout And Dropout Behavior

Tinto V. (1975) Dropout From Higher Education: A Theoretical Synthesis Of Recent Research, Review Of Educational Research

Tinto V. (1982) Limits Of Theory And Practice Of Student Attrition. In Journal Of Higher Education 53

Villarino – Mastache (2012) - Proyecto De Indagación Exploratoria Causas De Deserción En El Cbc

Ejercicio de aplicación de Programación Lineal en caso real de fabricación de Clinker con restricciones medioambientales

Carbia, María Esther (1º Autor)*; Dimópulos, Liliana M.; Noya, Graciela S.

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco
Ciudad Universitaria, Ruta Provincial .Nº 1, Km. 4.(9005) Comodoro Rivadavia.
mcarbia@unpata.edu.ar*

RESUMEN.

Se propone un ejercicio de aplicación de Programación Lineal en Trabajos prácticos de Investigación Operativa, en articulación con Servicios Industriales, ambas asignaturas de tercer año de Ingeniería Industrial. La situación problemática a resolver es la parada del horno de fabricación de clinker de la cementera de la región debido a la restricción de gas en época invernal, planteando asimismo las implicancias medioambientales de la fabricación de cemento; en esto se articula con los contenidos vistos en la asignatura Servicios Industriales en cuanto a la Combustión y sus emisiones atmosféricas, centrándose en el CO₂ en su carácter de principal gas de efecto invernadero (GEI). Los estudiantes deberán formular y resolver (usando software) un problema de programación lineal que determine la mezcla de combustibles de mínimo costo para alimentar el horno de clinker evitando las paradas por falta del insumo, contemplando tanto las disponibilidades de los combustibles como las restricciones provenientes de la sustentabilidad ambiental del proceso de fabricación (tasa de sustitución y emisiones de CO₂), realizando en forma autónoma la recopilación de información en cuanto a combustibles tradicionales y alternativos disponibles en la zona y en lo referido a sus precios, disponibilidad y factores de emisión. Posteriormente se realizan los análisis de post-optimalidad a partir del modelo elegido, tal como análisis de dualidad y de sensibilidad que permitan extraer conclusiones técnicas y tomar decisiones aplicables al caso real, presentando cada equipo sus resultados.

Con esta experiencia de aprendizaje se busca involucrar al estudiante tempranamente en las problemáticas de las actividades productivas regionales, contribuyendo a fortalecer competencias tecnológicas y sociales definidas por CONFEDI, tales como trabajo en equipo, búsqueda independiente y navegación en los distintos formatos de información, así como su responsabilidad social frente al medioambiente.

Palabras Claves: Competencias tecnológicas y sociales, Programación Lineal, Producción sustentable

ABSTRACT

The proposal is the following: an exercise in the application of Linear Programming in practical Operations Research, in conjunction with Industrial Services, both subjects of the third year of Industrial Engineering.

The problematic situation to be solved is the stopping of the clinker kiln from the cement factory in the region due to the restriction of gas in winter and also the environmental implications of cement manufacturing will be posed; it is articulated with the corresponding contents of Industrial Services' subjects in terms of Combustion and its atmospheric emissions, mainly focused on CO₂ as its principal greenhouse gas (GHG).

Students should formulate and solve by the use of software a linear programming problem that determines the mixture of fuels of minimum cost to feed the clinker kiln avoiding the stops for lack of input, even contemplating both the availability of the fuels and the restrictions coming from the environmental sustainability of the manufacturing process (substitution rate and CO₂ emissions) and autonomously carrying out the collection of information on traditional and alternative available fuels in the area, considering their prices, availability and emission factors.

Subsequently, the post-optimality analyzes are performed based on the chosen model, such as duality and sensitivity analyzes that make it possible to draw technical conclusions and applicable decisions to the real case; also each team must present its results.

This learning experience aims to involve the students early in the problems of regional productive activities and to contribute in strengthening technological and social competencies defined by CONFEDI, such as teamwork, independent search, navigation in various information formats, as well as their social responsibility towards the environment.

Keywords: Technological and social competences, Linear Programming, Sustainable Producti

1. INTRODUCCIÓN

Mucho se ha escrito sobre los desafíos a enfrentar por los ingenieros del Siglo XXI, ya que mejorar determinados aspectos de la calidad de vida de la sociedad ha desembocado en un problema de sostenibilidad. Cada vez son más los procesos y servicios que requieren un aporte energético por lo que, al aumentar la demanda, se necesitan nuevas fuentes de energía; asimismo, urge que se detenga la degradación medioambiental, cubriendo dichos requerimientos de forma sostenible. La generación de CO₂ en grandes cantidades es otro de los elementos que marcan un reto a los ingenieros, siendo una de sus fuentes la combustión industrial; por tanto, deben diseñarse contramedidas para disminuir dicha emisión [1].

La globalización, la expansión y el crecimiento de empresas alrededor del mundo han creado la necesidad de integrar los sistemas productivos con las herramientas tecnológicas y sistemas informáticos, que garanticen el manejo y acceso oportuno de la información. El objetivo de esta integración es el de facilitar la ejecución y el seguimiento de cada uno de las etapas del proceso logístico, incluyendo la gestión ambiental, en busca del mejoramiento de los sistemas de medición y verificación de calidad ambiental como el desarrollo de fuentes alternas de energía [2].

Los países latinoamericanos no son ajenos a las tendencias globales y se enfocan en cómo generar competitividad, que les permita de cierta forma aminorar las amenazas de los mercados mundiales; uno de los caminos es generar ingenieros acordes a las necesidades de la sociedad.

El desarrollo de las competencias que son requeridas por los ingenieros industriales con las actuales tendencias globalizantes, se traduciría en proporcionar durante su formación competencias técnicas y no técnicas con el balance adecuado [3], que aunado a la mirada actualizada del mundo global permita la preparación pertinente para enfrentar los retos del futuro.

La tendencia clave a seguir en los programas de ingeniería industrial de las universidades de Latinoamérica es la enseñanza integral mediante ambientes multidisciplinarios que permitan desarrollar competencias en comunicación, capacidad de análisis y resolución de problemas [4].

En Argentina, el CONFEDI [5] ha considerado la caracterización del Ingeniero Iberoamericano en término de "dimensiones", asociadas a cuatro aspectos fundamentales y relacionados como se indica en la Figura 1.

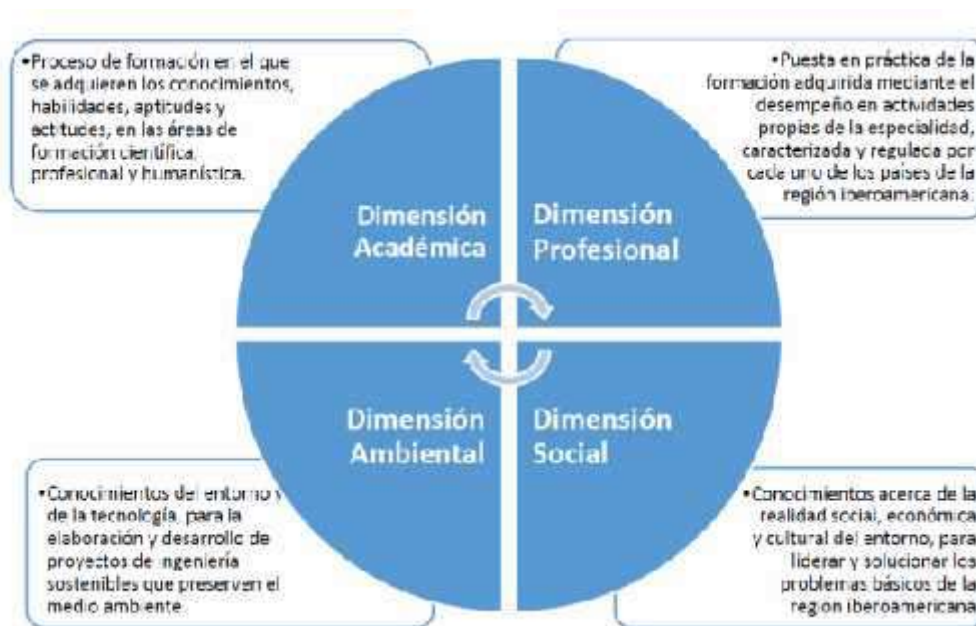


Figura 1 Dimensiones del Ingeniero Iberoamericano

Para este perfil de ingeniero se definen competencias genéricas de egreso, entre las que se encuentran:

a) Competencias tecnológicas tales como: Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería; Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería; Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería; Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería; Contribuir innovaciones tecnológicas a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas y

b) Competencias sociales, políticas y actitudinales: Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo; Comunicarse con efectividad; Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global; Aprender en forma continua y autónoma; Actuar con espíritu emprendedor.

Para el ingeniero industrial, son reconocidas a nivel global competencias específicas tales como: Modelación de fenómenos y procesos, mediante la identificación de aspectos y características

relevantes; Resolución de problemas mediante la aplicación de las ciencias naturales y las matemáticas, utilizando un lenguaje lógico y simbólico; identificación y comprensión de las variables que definen un problema, selección de métodos apropiados para la solución del problema; Comunicación efectiva y eficaz en forma escrita, gráfica y simbólica, argumentación de ideas técnicas a través de textos, gráficas, reportes de datos experimentales y la propuesta de ideas técnicas; Planeación, diseño y evaluación del impacto (social, económico, tecnológico y ambiental) y gestión de proyectos de Ingeniería Industrial, mediante la identificación de elementos fundamentales de orden técnico, de mercadeo, administrativo, operacional o financiero de un problema para formular alrededor de él un proyecto [4]. La AACINI, representante de las carreras de ingeniería industrial, ha presentado recientemente ante el CONFEDI como conocimientos específicos para el desarrollo de las competencias del profesional de la carrera, un listado para las Tecnologías Aplicadas entre los que se observan Investigación operativa, Tecnología y procesos industriales, Gestión ambiental y Planificación de la producción. El ejercicio que se propone contempla aspectos de todos ellos.

1.1. Energía, medioambiente y desarrollo sustentable

Desarrollo Sustentable se define como: “Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”. Así, el desarrollo sustentable se basa en tres pilares fundamentales, como se observa en la Figura 2 [6].

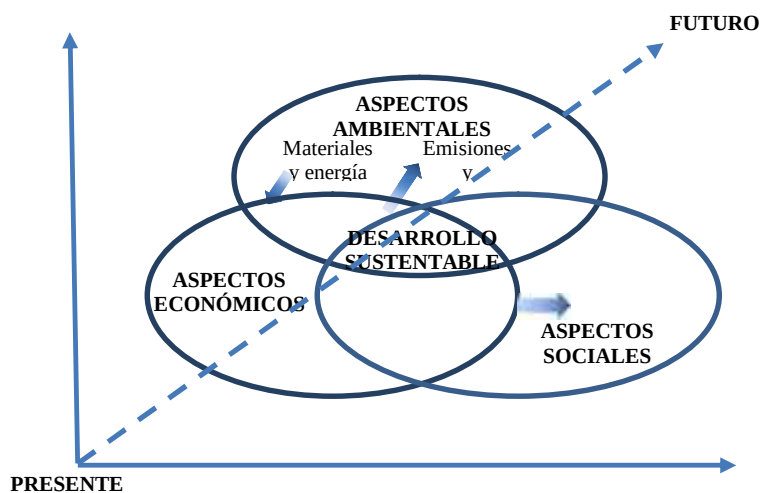


Figura 2. Marco Conceptual del desarrollo sustentable

En la actualidad, un número cada vez mayor de empresas reconoce los beneficios económicos, sociales y ambientales que resultan de la aplicación de herramientas de manejo ambiental para la toma de decisiones, considerando no sólo al sistema aislado, sino tomando también en cuenta su entorno, tanto tecnológico como ambiental y las interacciones entre ambos. Uno de los objetivos principales es la optimización en el manejo de flujos de materiales y energía, utilizando de forma más eficiente los recursos y evaluando los factores económicos que inciden en su implementación. Por un lado se busca minimizar el efecto negativo de las actividades industriales hacia el medio, y por otro mejorar el uso de los recursos para reducir costos, por ejemplo, con la implementación de mejoras en la eficiencia energética a través del empleo de combustibles alternativos.

El aumento en las concentraciones atmosféricas de CO₂ es la principal causa del efecto invernadero debido a las actividades humanas, particularmente la generación de energía y el consumo de combustibles fósiles. Sin embargo existen alternativas exitosas para disminuir estos problemas y, al mismo tiempo, continuar promoviendo el desarrollo.

La valorización energética de los residuos que se producen en diferentes procesos industriales es la solución preferible a la deposición en vertederos, solamente precedida por el reciclado y la reutilización; es decir, implica utilizar los residuos como combustibles alternativos en determinados procesos de producción.

La sustitución parcial del combustible por otro alternativo, será hasta un porcentaje máximo de sustitución en función de las limitaciones ambientales y las propias del proceso, ya que se debe cumplir rigurosamente la legislación en materia de Medio Ambiente, y por otro lado, que la utilización de combustibles alternativos no afecte a la calidad del producto final.

1.2. Producción sustentable de cemento

Por producción sustentable se entiende al modelo de producción de bienes y servicios que minimiza el uso de recursos naturales, la generación de materiales tóxicos, residuos y emisiones

contaminantes sin poner en riesgo las necesidades de las generaciones futuras; se trata de estrategias de aplicación práctica que involucren la economía, la sociedad y el medio ambiente. En las industrias que requieren gran cantidad de recursos –como la del cemento- el co-procesamiento implica el uso de los desechos en los procesos de fabricación con el objetivo de recuperar energía al reducir el uso de combustibles convencionales mediante su sustitución; es decir, el co-procesamiento de los desechos en los hornos de cemento permite la recuperación del valor energético a la vez que se fabrica el cemento (valorización de residuos) y es una forma de responder a este desafío que presiona a la industria.

En términos generales, entre las principales afectaciones ambientales de la industria cementera, se encuentran:

a) Consumo de recursos energéticos, ya que es una actividad industrial intensiva en energía, con dos componentes diferenciados: uno térmico y otro eléctrico. La mayor parte del combustible requerido en la producción de cemento, se consume en el proceso de calcinación en los hornos para la formación del clinker, que luego se muele con adiciones para obtener el cemento como producto final.

b) Consumo de materias primas naturales: La caliza y la arcilla (principales materias primas para el cemento) son recursos naturales que, si bien son abundantes, no son renovables. Además, su extracción afecta el entorno, sobre todo por los volúmenes elevados que exige la fabricación de cemento y una gran parte se pierde en el proceso de calcinación en forma de emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera

c) Emisiones de contaminantes a la atmósfera: El tipo y la cantidad de contaminantes emitidos al aire depende de distintos parámetros, como los materiales de entrada (las materias primas y los combustibles utilizados) y el tipo de proceso que se haya aplicado; de cualquier manera, los contaminantes que se emiten a la atmósfera en mayores cantidades son partículas, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y óxidos de carbono. En este ejercicio se considerarán las emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂) ya que constituye una emisión dañina de la producción de cemento, debido a los grandes volúmenes en que se presenta y a su condición de Gas de efecto invernadero (GEI) que, como es sabido, contribuye al exceso de calentamiento del globo terrestre. Dado que -como se dijo- el origen del dióxido de carbono se debe en gran parte a la calcinación de la caliza y a la quema de combustibles en el horno, dichas emisiones son inevitables, en primera instancia porque la calcinación es una reacción esencial para la producción de clinker y la segunda, es la fuente de energía para que se produzcan las reacciones químicas necesarias en este proceso. Por tal motivo, la fabricación del cemento es la segunda industria en el ranking de los mayores emisores, estimándose que aproximadamente el 5% de las emisiones mundiales de CO₂ provienen de dicha industria. En el caso de Argentina, según se declara en la 3ª Comunicación Nacional sobre Cambio Climático [7], la producción de cemento representa alrededor del 1% de la emisión total de GEIs en el país.

En la Figura 3 se esquematizan algunas acciones que la industria cementera ha planteado para mitigar las emisiones de CO₂ de la misma [8]; el ejercicio se centrará sobre el uso de combustibles alternativos.



Figura 3 Acciones para mitigar las emisiones de CO₂ de la industria cementera

2. PRESENTACION DEL CASO REAL DE FABRICACION DE CLINKER

Este trabajo se realiza sobre la fábrica de cemento de vía seca de la localidad de Pico Truncado (Pcia. de Santa Cruz), puesta en marcha en el año 2008 con la más moderna tecnología y que cuenta con una capacidad instalada de 680.000 toneladas anuales de Clinker; la empresa posee

otra fábrica en Comodoro Rivadavia en donde se produce molienda de cemento, a partir de Clinker transferido desde Pico Truncado. En la Tabla 1 se sintetizan los datos de producción de la planta de cemento; en dicha tabla se muestran asimismo las emisiones de CO₂ directas calculadas según las Guías para Co-procesamiento de combustibles y materias primas en Cemento [9]. Como emisiones directas se entiende a aquellas que proceden de fuentes que posee o controla el sujeto que genera la actividad (en este caso, básicamente las emisiones generadas durante las reacciones de descarbonatación y el proceso de combustión para producir la energía necesaria), mientras que las indirectas son las derivadas del consumo eléctrico y del consumo de calor, vapor y refrigeración que se adquieren externamente (especialmente para proceso de molienda) así como algunos alcances de transporte; en este caso, nos centraremos en las emisiones directas, a las cuales la combustión aporta aproximadamente entre el 30 y 40 %.

Tabla 1. Datos de producción de la planta considerada

Variable	Valor	Unidades
Producción de Clinker	456.338	t/año
Producción de cemento	335.979	t/año
Clinker vendido/transferido a otra instalación	176.593	t/año
Componentes Minerales (MIC) usados para producir Cemento Portland y blendeados	68.630	t/año
Consumo combustible (gas natural 100%)	1.715	TJ/año
Consumo de energía producida externamente	52.593	MWh/año
Total de emisiones CO ₂ directas (todos los recursos)	348.956	t CO ₂ /año

Como se desprende de la Tabla 1, la fábrica consume un único combustible fósil o tradicional: gas natural. Si bien el país es productor del mismo, resulta necesario también importarlo, debido al papel preponderante que cumple en la matriz energética nacional. El Ministerio de Energía, en su Balance Energético para el año 2015 [10], suministra los datos de consumo anual con los que se construyó la Figura 4.

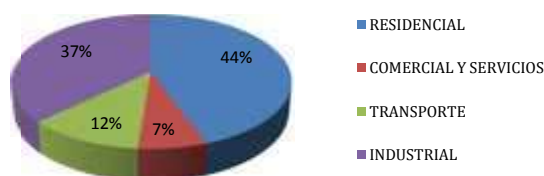


Figura 4 Consumo de gas natural por tipo de usuario, año 2015

En época invernal el uso residencial trepa hasta el 50 %, como se muestra claramente en la Figura 5 [11], disminuyendo la disponibilidad para la industria.

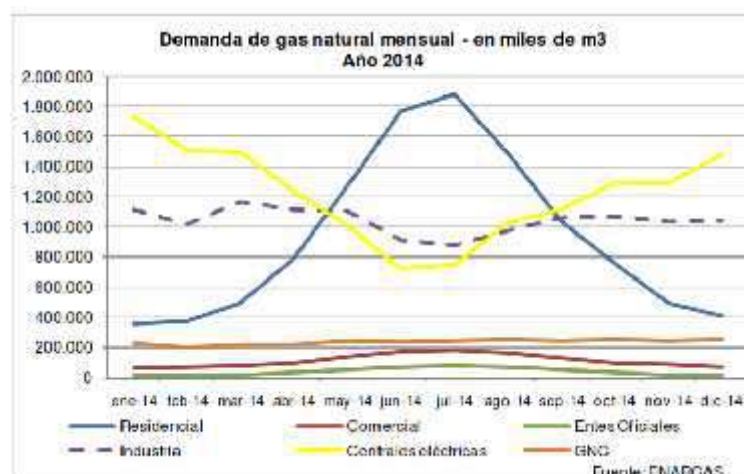


Figura 5 Demanda mensual de gas natural según usuario, año 2014

La situación mencionada trae aparejada la imposición de restricciones en el uso de gas para la industria, con la consecuente disminución de la producción; durante el año 2016 la fábrica permaneció 40 días parada por falta de gas, teniendo entonces sólo un 73% de la disponibilidad de horas anuales para la producción. Como alternativa para minimizar estas pérdidas de producción por restricciones externas al proceso, puede planificarse la producción empleando un mix de combustibles que contemple otros combustibles fósiles como combustibles alternativos

(CA), ya que en vista a la producción sustentable de cemento, resulta necesaria la sustitución parcial de los combustibles fósiles por alternativos, que son predominantemente residuos o subproductos de procesos industriales, domésticos, agrícolas y forestales.

Se considera entonces conveniente proponer un mix de combustibles que minimice el costo y atienda las disponibilidades y emisiones producidas en la combustión (parte de las emisiones directas), empleando un modelo de Programación Lineal [12].

3. DESARROLLO DEL EJERCICIO

Para poner en juego durante la formación del ingeniero industrial la interacción entre las dimensiones académica (conocimientos, habilidades, aptitudes y actitudes), ambiental (conocimientos sobre proyectos de ingeniería sostenible que preserven el medio ambiente) y social (conocimiento sobre la realidad del entorno) enunciadas anteriormente, se diseña una práctica educativa que -a partir de un caso real de la zona- permita la concurrencia de varios de los aspectos mencionados, favoreciendo el desarrollo de las competencias de egreso definidas.

Las asignaturas involucradas (Investigación Operativa y Servicios Industriales) corresponden al tercer año del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial y esta experiencia se realizará en el aula durante el ciclo lectivo 2018.

3.1 Servicios Industriales

La asignatura Servicios Industriales tiene como objetivo que los estudiantes adquieran un conocimiento integral de los equipos y sistemas que conforman los servicios auxiliares requeridos en una industria, mediante un entrenamiento en las aplicaciones prácticas de química-física y balances de materia y energía, introduciéndolos en las técnicas de cálculo, selección y operación de equipos de los servicios que se tratan: térmico, fuerza motriz, frío, agua, vacío y aire comprimido, como también potenciar en los alumnos el desarrollo de iniciativa, el trabajo en equipo y el conocimiento cabal de la problemática medioambiental, adquiriendo la capacidad de formular medidas correctivas y preventivas.

Por lo tanto, energía y medioambiente son temas de la asignatura, abordando los conceptos de las energías alternativas, como también la combustión de combustibles de origen fósil y la problemática ambiental debido a su contribución al calentamiento global.

Se estudian los procesos de combustión controlada de los combustibles, el cálculo del Poder calorífico superior e inferior, eficiencia energética, las emisiones gaseosas (incluyendo Factores de emisión), la contaminación ambiental del Servicio Térmico y las medidas para reducir los efectos ambientales.

3.2 Investigación operativa

El propósito de la asignatura Investigación Operativa consiste en preparar al alumno para afrontar la resolución estratégica de problemas y decidir entre diferentes herramientas o métodos disponibles para realizar todo objetivo que se proponga, de modo que se alcance un resultado en relación a un cierto criterio de optimización; es decir, modelar la realidad, obteniendo la información necesaria para identificar las posibles alternativas y cuantificándolas a los fines de tomar una mejor decisión en los problemas de administración de recursos.

Uno de los temas a desarrollar en la asignatura es Programación lineal, para el que se estudia el planteo matemático, las soluciones posibles y óptimas, el problema dual y el análisis de sensibilidad de la solución final, con sus aplicaciones prácticas.

3.3 Metodología propuesta

En la asignatura Investigación Operativa se planteará como ejercicio final del tema Programación Lineal, el análisis de la situación de la cementera de la zona -mostrada en el punto 2-, retomando los conceptos de combustión, poder calorífico y factores de emisión tratados en la asignatura Servicios Industriales.

A tal fin, se presentará a los alumnos la situación de pérdida de producción por la restricción de gas en época invernal de la cementera regional y el disparador de utilización de residuos como combustibles alternativos, lo que disminuye la dependencia energética de los combustibles fósiles o tradicionales y, al mismo tiempo, reduce las emisiones globales. En la industria cementera, esta utilización no tiene un impacto negativo en el proceso de producción ni en las emisiones o la calidad técnica del producto final.

En este contexto, los alumnos (en grupos de no más de cuatro) analizarán el uso de otros combustibles, incluyendo alternativos, para el caso de estudio. Para ello deberán elegir combustibles fósiles y/o alternativos a emplear, calcular su poder calorífico inferior (para los casos en que no esté tabulado) así como sus factores de emisión de CO₂, realizar estimaciones fundadas sobre costo y disponibilidad de cada combustible. La consigna es que deba usarse, además del gas natural, uno o más combustibles, de los cuales al menos uno sea alternativo.

Obviamente el objetivo empresarial será emplear la mezcla de combustibles de mínimo costo que satisfaga la entrega de energía para el nivel deseado de producción de clinker; las restricciones medioambientales estarán dadas en torno a no emitir más CO₂ que si se usara sólo gas y a tener determinada tasa de sustitución de combustibles, involucrándose con la producción sustentable. Los alumnos entonces tendrán una etapa de búsqueda de información y cálculos de manera autónoma, en donde los docentes actúan como tutores para consultas puntuales, llegando luego a la formulación del problema (función objetivo y restricciones), realizando su solución a través de software (winQSB o herramienta Solver de Excel).

Asimismo deberán plantear el problema dual y el análisis de sensibilidad, para extraer conclusiones técnicas y tomar decisiones aplicables al caso real.

Cada equipo presentará sus resultados en clase, tras lo que se discutirá la variedad de combustibles elegidos, los parámetros seleccionados y cálculos efectuados, el costo total para combustibles, la cantidad de emisión, etc., extrayendo conclusiones generales a partir del trabajo de cada grupo.

3.4. Una solución posible

A los efectos de ilustrar una posible solución al problema, se presenta la formulada en [12] en el marco del proyecto de investigación "Planificación de producción de cemento y emisiones de CO₂. Aplicación de un modelo de Programación Lineal a la producción en la Patagonia Central". La Tabla 2 presenta los tipos de combustible considerados, su PCI, su precio en unidades internacionales y la disponibilidad estimada, mientras que en la Tabla 3 se definen las variables y coeficientes de costo empleados en la función objetivo.

Tabla 2 Características de los combustibles considerados

Tipo de combustible	Poder calorífico Inferior (PCI)	Precio		Disponibilidad anual estimada
		USD/millón BTU	USD/unidad	
Combustible Fósil				
Gas Natural	37,98 GJ/miles m³	5,852	216 USD/mil m³	58.500 miles m³
Carbón	23,12 GJ/t	6,66	147,92 USD/t	12.000 t
Coque de petróleo (petcoke)	32,5 GJ/t	49,5	97 USD/t	9.000 t
Combustible Fósil Alternativo				
Neumáticos fuera de Uso (NFUs)	31,57 GJ/t	2,69	80 USD/t	4.800 t
Fondos de tanque	34,75 GJ/t	2,41	85 USD/t	6.000 t

Tabla 3 Variables y parámetros de la función objetivo

Variable	Descripción de la variable	Descripción de Parámetros
X ₁ =	Cantidad de combustible tradicional gas natural [miles m ³ /año]	C ₁ = Costo unitario del combustible gas natural [USD/miles m ³]
X ₂ =	Cantidad de combustible tradicional carbón [toneladas/año]	C ₂ = Costo unitario del combustible carbón [USD/tonelada]
X ₃ =	Cantidad de combustible tradicional petcoke [toneladas/año]	C ₃ = Costo unitario del combustible petcoke [USD/tonelada]
X ₄ =	Cantidad de combustible alternativo NFUs [toneladas/año]	C ₄ = Costo unitario del combustible NFUs [USD/tonelada]
X ₅ =	Cantidad de combustible alternativo "fondo de tanque" (FT) [toneladas/año]	C ₅ = Costo unitario del combustible fondo de tanque [USD/tonelada]

Se planteó como hipótesis una producción de 623.000 toneladas anuales de Clinker (considerando paradas para mantenimiento, no por falta de combustible) y una tasa de sustitución mínima del 2 % (promedio en Argentina) así como una emisión anual de CO₂ que no superase la emisión empleando sólo gas natural para la producción deseada. La solución alcanzada se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4 Solución óptima obtenida para el modelo matemático lineal formulado

Solución óptima del modelo para la hipótesis planteada	
X ₁ [*]	= 53.739 miles de m ³ /año
X ₂ [*]	= 0
X ₃ [*]	= 690 toneladas/año
X ₄ [*]	= 4800 toneladas/año
X ₅ [*]	= 6000 toneladas/año
Costo mínimo = 12.568.530 [USD/año]	

A partir de dicha solución, surgen conclusiones como que, si se usara sólo gas (sin restricción) el costo sería mayor; además se logra una tasa de sustitución del 15 % implicando beneficios ambientales como preservación del recurso natural y valorización de residuos. Por otro lado, se observa que los valores óptimos de las variables x₄ y x₅ alcanzan la disponibilidad contemplada para dichos combustibles (se realizó estimación conservadora), por lo que si dicha disponibilidad se aumentara, puede inferirse que mayor cantidad de combustible alternativo se incorporaría a la solución, en desmedro del consumo de petcoke.

Este tipo de análisis y conclusiones se espera que suceda en el aula, a partir de las presentaciones de los equipos y la puesta en común direccionada.

4. CONCLUSIONES

Se presenta un Trabajo práctico planificado en función del desarrollo de competencias genéricas y específicas, en el que se espera que los alumnos apliquen la racionalidad tecnológica junto a la racionalidad económica y ambiental. Ligadas a la esencia del “ser Ingeniero”, aparece el saber y el saber hacer, el saber qué y el saber cómo, clara combinación de conocimientos, capacidades y competencias, en donde la práctica aparece no sólo como ilustradora sino también como generadora de conocimiento, atravesada por la resolución de problemas como modo de pensamiento. Y también el saber y saber pensar, que significan que existe la capacidad de darle sentido a lo que se sabe [13].

Esta experiencia, aún no llevada al aula, pretende que los estudiantes realicen en forma autónoma la recopilación de información en cuanto a combustibles tradicionales y alternativos disponibles en la región y en lo referido a sus precios, disponibilidad y factores de emisión, fortaleciendo sus habilidades de trabajo en equipo, búsqueda independiente y navegación en los distintos formatos de información, así como su responsabilidad social frente al medioambiente.

Se espera que los estudiantes visibilicen la aplicación a la práctica industrial real de la técnica de Programación Lineal, así como las ventajas y limitaciones de la misma; la mayor dificultad seguramente la encontrarán en la definición de los coeficientes de costo y los parámetros de las variables para la formulación de las restricciones.

A partir de una situación problemática real de un caso industrial de la zona, se busca involucrar al estudiante tempranamente en las problemáticas de las actividades productivas regionales, promoviendo el fortalecimiento de competencias tecnológicas y sociales.

5. REFERENCIAS.

- [1] COIIAOC-Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Andalucía Occidental (2015) “El perfil de ingeniero en la actualidad”, *Revista Ingeniería Industrial*, disponible en <http://www.revistaingenieriaindustrial.com/2015/10/>.
- [2] Domingo González Zúñiga (2004), “Prospectiva de la Ingeniería Industrial hacia el 2020”. *UPIICSA, XII. V, 36. pp 25-36*. México
- [3] Palma Lama Martín (2012), “Hacia un modelo desde las competencias: La Ingeniería Industrial en el Perú”. *Décima Conferencia Latinoamericana y del Caribe* Ciudad de Panamá, Panamá.
- [4] Universidad de Córdoba, Colombia (2016). “Reseña y evolución de la ingeniería industrial de la Universidad de Córdoba”, *documento institucional disponible en <https://www.unicordoba.edu.co/files/historiaingind1.pdf>*)
- [5] CONFEDI-Comisión de Estándares (2017). “Marco conceptual y definición de estándares de acreditación de las carreras de ingeniería”. *Aprobado por Asamblea de CONFEDI (Oro Verde, Mayo 2017)*
- [6] Romero Hernández, Omar; Muñoz Negrón, David; Romero Hernández, Sergio (2006). “*Introducción a la Ingeniería- Un enfoque industrial*”, 1ra. Edición. Editorial Thomson, México.
- [7] Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2015). “[Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático](#)”
- [8] Federación Interamericana de Cemento, FICEM (2016). “Contribución de la industria del cemento a la sostenibilidad”, *Conferencia Internacional de Sostenibilidad del Concreto*.Febrero de 2016, San José, Costa Rica.
- [9] WBCSD/CSI- World Business Council for Sustainable Development/ Cement Sustainability Initiative. (2014). “[Guidelines for Co-Processing Fuels and Raw Materials in Cement Manufacturing](#)” Editorial WBCSD, Suiza, July 2014 ISBN: 978-2-940521-19-7
- [10] Ministerio de Energía y Minería, República Argentina (2016). “[Balance Energético Nacional de la República Argentina, año 2015](#)”, Buenos Aires, Argentina.
- [11] Griffa, B. Marcó, L. (2015): “[Informe sobre el Mercado del gas natural](#)”. *Centro de Investigación en Economía y Planeamiento Energético*, Universidad Nacional de San Martín. Argentina
- [12] Carbia, M.E., Bacigalupo, H., Garriga, M. (2017). “Determinación de un mix de combustibles para producción sustentable de cemento en la Patagonia Argentina”, *Conferencia Internacional de Ingeniería InGENIO 2017*, Medellín, Colombia.
- [13] Forestello, Rosanna, Guzmán, Claudia (2016). “Cambios y mejoras; innovación y oportunidad. Un mapeo al interior de la FCEFYN de la UNC”. *Revista Argentina de Ingeniería. Año 4, Volumen 8, pp. 43-53*. CONFEDI, Buenos Aires.

Perspectiva transdisciplinaria del ingeniero industrial para conceptualizar y resolver problemas en contextos sistémicos complejos

Acevedo, Adolfo Oswaldo*; Linares, Martha Carolina; Cachay, Orestes

*Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Ciudad universtaria. Calle Germán Amézaga 375, Cercado-Lima, Lima-1
aacevedob@unmsm.edu.pe*

RESUMEN

La ingeniería industrial que emplea herramientas de la administración científica para resolver problemas de productividad, eficiencia y calidad, se ha visto enriquecida con nuevas técnicas y enfoques como planeamiento estratégico, calidad total, modelo Toyota, reingeniería, innovación continua, lean management, modelo kata, que han llevado a que el alcance y dominio de la profesión se amplíe permanentemente. La creciente complejidad del entorno plantea retos en la gestión de los procesos industriales, sociales, económicos, humanos, ahora también ecológicos, que han llevado al fortalecimiento de la ingeniería industrial con el empleo de renovados criterios de decisión sistémicos, heurísticos y globales, y el uso de herramientas para la gestión de procesos y decisiones con perspectiva integral, compleja, adaptativa y transdisciplinaria. El objetivo del estudio es la definición del contexto o situaciones problemáticas de diferente complejidad que influye en la percepción del problema y donde se delinear los criterios de decisión para su resolución. La investigación es experimental, se han utilizado situaciones problemáticas holísticas para la definición de problemas, aplicado a muestras de graduados y estudiantes. En los resultados se encuentra que la manera de presentar la situación problemática enmarca el contexto, define el problema y orienta el criterio y técnicas de resolución, determina el sesgo de las decisiones, en contextos simples y estables la elección se dirige a soluciones enfocadas en bienestar de personas, en contextos complejos el criterio es competitividad y la elección se orienta a resultados. En conclusión, una perspectiva transdisciplinaria implica que el ingeniero industrial puede emplear herramientas de otros dominios para resolver problemas de procesos, considerando que toda actividad humana involucra procesos de bienes y servicios, tangibles e intangibles, visibles e invisibles, de dirección y operación, manuales e intelectuales, materiales y mentales.

Palabras Claves: Ingeniería Industrial, Resolución de problemas, Enfoque de sistemas, Perspectiva transdisciplinaria.

ABSTRACT

La Industrial engineering uses scientific management tools to solve productivity, efficiency and quality problems, it has been enriched with new techniques and approaches such as strategic planning, total quality, Toyota model, reengineering, continuous innovation, lean management, kata model, that have led to the extension and domination of the profession is permanently extended. The increasing complexity of the environment poses challenges in management of industrial, social, economic and human processes, now also ecological, which have led to the strengthening of industrial engineering with the use of renewed systemic, heuristic and global decision criteria and use of tools for process management and decisions with integral, complex, adaptive and transdisciplinary perspective. The objective of the study is to define the context of different complexity where the problematic situations are perceived and understood and the decision criteria for problem solving are outlined. The research is experimental, holistic problematic situations have been used to define problems, applied to a sample of graduates. The results show that the way to present the problematic situation frames the context, defines the problem and guides the criteria and techniques of resolution, determines the bias of decisions, in simple and stable contexts the choice is focused on welfare of people, in complex contexts the criterion is competitiveness and choice is oriented to results. In conclusion, a transdisciplinary perspective implies that the industrial engineer can use tools from other domains to solve process problems, considering that all human activity involves processes of goods and services, tangible and intangible, visible and invisible, management and operation, manuals and intellectual, materials and mentals.

Palabras Claves: Industrial Engineering, Problem solving, System Approach, Transdisciplinary view.

1. INTRODUCCIÓN

La manera en que se resuelven los problemas depende del espacio donde se ubiquen las situaciones problemáticas. Bajo el modelo conceptual de las cuatro dimensiones de la empresa [1] se percibe y conceptualiza el contexto en espacios o campos de actuación y decisión. El campo uno es la sophia donde se domina el saber y se aprende por modelo académico, el campo dos es la poiesis donde se realiza la tarea productiva empresarial y se aprende por experiencias, el campo tres es el caritas, gregario, pertenencia a grupos y se aprende por conducta operante, el campo cuatro es la praxis donde se investiga, crea, desarrolla e innova, con aprendizaje por invención o creación.

Cada campo comprende escenarios, sistemas o situaciones problemáticas de diferente complejidad que se plantean y enfrentan de diferentes modos. En el campo de la sophia el proceso académico y el producto intelectual permiten acumular el saber y se aprende a responder preguntas en función a dominios especializados o disciplinas de conocimiento, en el campo de la poiesis los problemas productivos se definen y se resuelven en función a relaciones causales de procesos sistemáticos y se aprende por experiencia empleando técnicas activas como el método del caso, en el campo social los escenarios adquieren elevada complejidad y se busca la convivencia ante las situaciones por medio de técnicas empíricas y heurísticas donde se aprende a adaptarse a los problemas, en el campo de la praxis se indaga por preguntas aún no resueltas definidas por intuición o especulación que lleva a invenciones, las que cambian y renuevan los paradigmas vigentes o normales, se aprende a generar preguntas.

En el campo académico las soluciones se plantean dentro de un contexto definido [2], la teoría de campos de Lewin define a los escenarios como un espacio vital de tipo sociotécnico donde la solución de problemáticas comprende a persona y ambiente, en el campo de la poiesis el método del caso de Harvard y Ivey School [3] representa la herramienta de enseñanza de decisiones empresariales, en el campo gregario el Instituto Tavistock y Universidad de Chile contextualizan las situaciones problemáticas empresariales dentro de un ámbito amplio y elevada complejidad sistémica [4, 5], en el campo creativo se considera la indagación, el método científico y la heurística [6] como formas de encontrar respuestas a las preguntas planteadas.

El objetivo del presente estudio es definición del contexto o escenarios de diferente complejidad donde se perciben y se entienden las situaciones problemáticas y se delinean los criterios de decisión para la resolución de problemas. Los objetivos específicos se refieren a: definir los escenarios de acción donde se toman decisiones y se ubican los problemas, y mostrar la influencia del contexto en la propensión decisional para resolver problemas.

La pregunta del problema de investigación es: ¿Cómo influye la forma del escenario o sistema problemático en la percepción del problema y orientación de la decisión para resolución de problemas organizacionales?

La importancia del estudio se encuentra en que se orienta a mostrar que la manera en que se describe el contexto problemático dentro de la perspectiva de sistemas, orienta la manera en que se percibe el problema en sí y la manera en que se aborda, para cumplir el propósito del decisor. También se intenta mostrar que la visión integradora de la ingeniería industrial facilita la identificación de mejores opciones de solución, incluso en aquellos donde se perciben relaciones complejas o intereses contrapuestos. Se pretende ampliar la perspectiva teórica del ingeniero industrial con el empleo de técnicas y herramientas de sistemas con perspectivas convergente y divergente que han de enriquecer el bagaje de herramientas académicas de la profesión

2. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación es de tipo exploratorio, descriptivo y experimental con diseño cualitativo y cuantitativo, el estudio cualitativo se refiere al diseño del constructo de los sistemas problemáticos con el método hipotético-deductivo, el estudio cuantitativo se refiere a la corroboración de la hipótesis con estadística inferencial y el método inductivo-experimental.

La investigación exploratoria se inicia con el estudio documental de fuentes escritas acerca de teoría de sistemas y sistemas problemáticos en administración. La investigación cualitativa relaciona la teoría de sistemas con escenarios y constructo de sistemas problemáticos empleando la metodología de los sistemas blandos [7] generando contenido teórico del modelo conceptual que explica y predice el comportamiento empírico de los hechos, de los que se deduce la hipótesis y el modelo que intenta explicar dichos hechos. La investigación cuantitativa busca corroborar verificar la hipótesis de trabajo empleando estadística inferencial para pequeños grupos.

El instrumento de recolección de información ha permitido obtener información sobre la manera en que el contexto influye para percibir e identificar los problemas. La recopilación de datos se realiza mediante talleres académicos, con participación de las muestras aleatorias de estudiantes y graduados de la población de ingenieros industriales. El tamaño de muestra se ha determinado mediante estadística inferencial para pequeñas muestras con comportamiento que tiende a la distribución normal y donde se no se conoce la desviación estándar. En la recolección de datos se

consideran diversas técnicas, cuyos instrumentos de recolección han sido validados, las que son lectura crítica, discusión grupal, cuestionario, investigación de gabinete, entrevista a profundidad.

3. MARCO CONCEPTUAL DE LOS SISTEMAS PROBLEMÁTICOS

3.1. La perspectiva transdisciplinaria

La perspectiva académica tradicional, respecto a resolver problemas se sustenta en los dominios de conocimiento que construye el profesional especialista con expertise en un tipo de conocimiento específico y excluyente. El aprendizaje académico enfatiza el estudio y solución de problemas estructurados y concretos, asume la incertidumbre agregándole un matiz científico y cuantitativo mediante la teoría de decisiones. Este enfoque unidisciplinario plantea la solución convergente, enfocada y única.

La perspectiva sistémica considera la mayor complejidad de las situaciones Santelices [8] plantea perspectivas profesionales interrelacionadas donde las soluciones son multidisciplinarias, recurrentes, que llevan a opciones de solución, factibles y deseables.

La perspectiva sistémica holística contempla enfoques transdisciplinarios para el intercambio de conocimiento y el empleo irrestricto de herramientas y técnicas de diversas disciplinas, sean de arte o de ciencia, sin ningún límite conceptual [9]. Se plantea que las soluciones son cambiantes, divergentes, recurrentes, multidimensionales, o simplemente no hay solución, donde el aprendizaje es académico, por experiencia, por conducta, indagación.

3.2. Definición de sistemas problemáticos

Todo problema se encuentra inmerso dentro de un campo de actuación. No existen problemas aislados, existen situaciones problemáticas [10] cuyas causas o efectos son intercausales y variados, los que se intenta superar mediante la aplicación de diferentes criterios según el enfoque de cada decisor [11,12]. En la resolución de problemas dentro de toda situación o sistema problemático, se busca pasar de un estado inicial indeseado S_1 a una situación posterior deseada S_2 , el decisor considera que existe problema a resolver si y solo si, su intervención, elección y acción permite pasar de S_1 hacia S_2 .

En diferentes escenarios los problemas se clasifican por el grado de dificultad para identificarlo, entenderlo y plantear la solución [13], los que se muestran en la figura 1.

- **Problemas concretos y estructurados**, se ubican dentro de sistemas rígidos y duros (hard) con comportamiento previsible y reglas definidas y estables. Se caracterizan por su propiedad causal donde un input definido conlleva un output determinado y planeado, por lo tanto, previsible. Se maneja un número mínimo de variables, las variables no controlables o irrelevantes se definen como constantes o ceteris paribus, las soluciones son únicas y óptimas o se ubican en un rango estrecho y convergente. La forma de presentar el problema se concentra en definir una o dos variables sencillas y bajo control, como el método simplex de investigación de operaciones.
- **Problemas flexibles o indefinidos**, se encuentran dentro de sistemas blandos o suaves (soft) que derivan de situaciones donde colisionan diversos marcos de referencia de los decisores involucrados en la solución. Las variables de decisión se amplían incluyendo un grado de incertidumbre y riesgo, las soluciones son aproximadas y negociadas con discusiones e intercambio de posiciones grupales. Estos problemas se caracterizan por su elevada propiedad entrópica, ya que al ser negociadas dependen de la actitud y acción de personas para su ejecución y control, la falencia de control va degradando la solución, generando problemas nuevos derivados del primigenio. Se encuentra en las tareas de grupos, equipos y organizaciones sociales. Su forma de presentación clásica es el método del caso de pocas variables.
- **Problemas complejos** son caracterizados como sistemas dinámicos, abiertos, conformados por componentes y situaciones interconectados en múltiples niveles de actividad y de resolución, con elevada capacidad sinérgica e intercausal. Se organizan con elevada complejidad estructural mediante tramas y redes sistémicas jerárquicas con efectos emergentes. Se encuentra en los sistemas sociales, sectores y clusters industriales. Se encuentra en forma de redes de organizaciones o empresas, incluyendo estructuras organizativas paralelas a las organizaciones formales.
- **Problemas evolutivos** son problemas que se amoldan, adaptan y cambian según las circunstancias, adquieren comportamientos semejantes a los organismos biológicos vivos. Son sistemas problemáticos complejos con capacidad de evolucionar con el tiempo y adaptarse al entorno. Se caracterizan por la propiedad sistémica de la autopoiesis o generación de sí mismo. Estas características se encuentran en macro sistemas sociales, en teorías científicas en procesos de revolución, constructos conceptuales, paradigmas o cosmovisiones, que van evolucionando suavemente o por ruptura ante los cambios del contexto, comprende también problemas sociales que van cambiando adaptándose permanentemente a circunstancias caóticas dentro de un invisible proceso de cambio.

- **Problemas perversos** son aquellas situaciones que no se pueden resolver o no es posible lograr un resultado razonable en mediano plazo [14]. Son sistemas evolutivos y complejos con múltiples causas y efectos que poseen propiedades emergentes impredecibles. Son problemas imbricados, recurrentes y autoreforzantes, que no se resuelven a corto plazo o mediano plazo. Toda solución es parcial y genera nuevos y mayores problemas. Es característico de los sistemas sociales de alcance global, como transnacionales, intercambio de comercio internacional, ecología, pobreza, concentración de riqueza y bienestar, corrupción, sociedad del espectáculo, posmodernismo. Casi siempre son invisibles, con capacidad de mimetismo, modulares, epigenéticos, y de generación espontánea.
- **Problemas globales holísticos**, son las situaciones problemáticas donde no existe, no se percibe o no es posible detectar algún tipo de problema. Básicamente es fenomenológico, comprende escenarios que muestran situaciones de elevada complejidad dimensional donde se dificulta detectar situaciones indeseadas o conflictivas factibles de resolver; cuando se encuentran, se genera discusión y las opciones buscan definir la pregunta que se intentaría resolver. Sus propiedades de multidimensionalidad, multipropósito y multiniveles le dan características de elevada abstracción conceptual a situaciones que incluyen a uno o más eventos y donde se percibe más de un problema. Es típico de problemas trascendentes (¿es posible el liderazgo en el Perú?), obras literarias (¿en qué momento se jodió el Perú?), contextos sociales (¿qué es la patria? ¿pa qué sirve?), ensayos sociales (¿qué Dios nos ha prohibido comerlo? ¿y por qué?), corrupción (¿es posible eliminar la corrupción en el gobierno?). Se denominan escenarios sistémicos globales complejos elípticos y totales, comprende a las narraciones de diverso tipo: realidades o ficciones, descubiertos o inventados, verdaderos o falsos, ensayos, novelas, relatos, cuentos, biografías, historia.

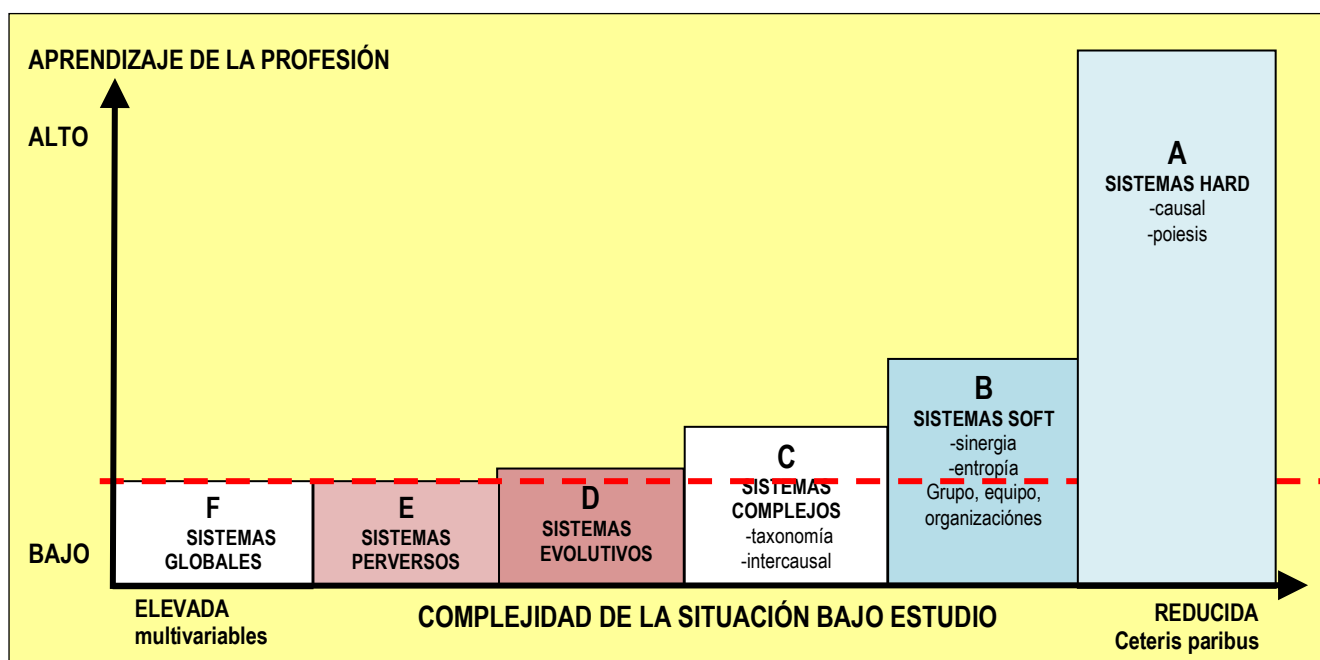


Figura 1 El aprendizaje de las situaciones problemáticas en la Academia

3.3. Los sistemas problemáticos globales y complejos

Los problemas globales holísticos son sistemas problemáticos presentados de manera diferente, empleando el pensamiento sistémico en la redacción del problema se aumenta y cambia las maneras tradicionales en que se piensan, se exponen y se describen los problemas complejos [15, 16].

Los escenarios globales comprenden problemas que no son aislados, mantienen relaciones causales con otros escenarios, ya que un evento influye en otros eventos y un evento puede ser afectado por otros eventos y decisiones. Así, estos escenarios se transforman en relatos concatenados que van surgiendo en la medida que se van definiendo y enfrentando. Estos relatos pueden ser coyunturales y superables en corto plazo o pueden ser permanentes y recurrentes y sus efectos y problemas van cambiando y creciendo, de manera mostrarán, emergentemente, el devenir de un grupo o una organización.

Los elementos que incluye todo escenario narrativo, son:

- La circunstancia, el ambiente externo, que comprende el espacio físico, el ambiente humano, el momento, la oportunidad, el tiempo
- Las personas que intervienen, sea decisor, actor o ejecutor, cliente o beneficiario del evento.
- El proceso o actividad: evento o acción desencadenante, proceso de transformación, acto.
- La cosmovisión de la decisión en sí y sus efectos.

4. RESULTADOS DEL ESTUDIO

4.1. Hallazgos del estudio

La hipótesis nula y alternativa.

Hipótesis nula H_0 es: "La definición previa del contexto o escenario o sistema problemático que contiene el problema no ejerce influencia relevante en la percepción e identificación del problema, en la elección de las técnicas de análisis y solución y en la orientación de la decisión".

Hipótesis alterna H_1 es: "La definición previa del contexto o escenario o sistema problemático que contiene el problema ejerce influencia relevante en la percepción e identificación del problema, en la elección de las técnicas de análisis y solución y en la orientación de la decisión".

La prueba de hipótesis

1º) Hipótesis nula:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu$$

Todas las μ_i son iguales ; donde $i = 1, 2, \dots, k$, $k = 4$

Hipótesis alternativa:

H_1 : No todas las μ_i son iguales

donde: μ_i : Media de la preferencia decisional i dentro de un escenario o sistema problemático.

4.2. Análisis de resultados

La Prueba F para análisis de varianza de un factor se muestra en la figura 2.

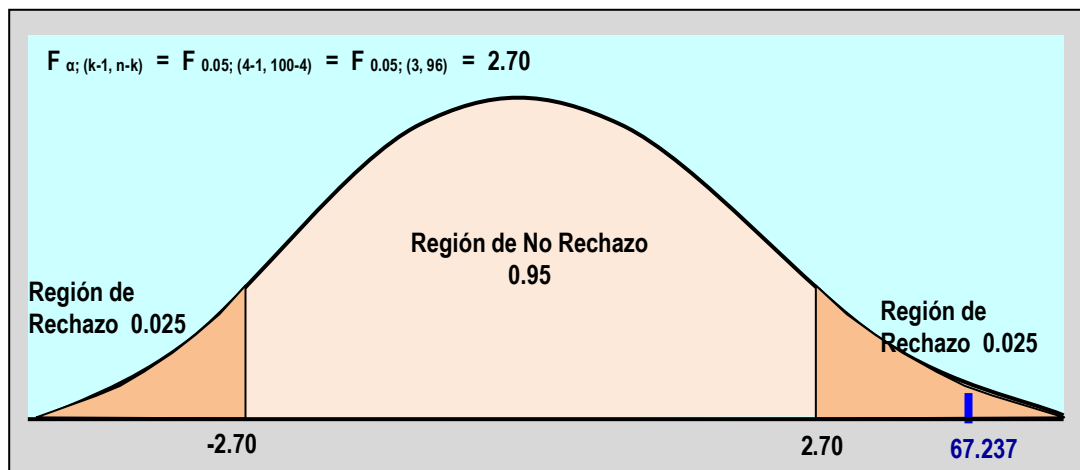


Figura 2. Prueba de hipótesis de la investigación – efecto de contexto

Para un nivel de significación de 0.05, empleando paquete estadístico SPSS, el F se ubica dentro del rango de rechazo, respecto al F teórico ($2.70 < 67.237$). Entonces no es posible aceptar la hipótesis nula que afirma que el contexto o escenario que contiene el problema no ejerce influencia en la identificación del problema o en la orientación de la decisión de resolución.

Alternativamente, se corrobora la hipótesis alterna, que afirma que el contexto o escenario influyen significativamente en la identificación del problema y en su solución.

- Se rechaza la hipótesis nula a un nivel de significación de 0.05.
- Se acepta la hipótesis alternativa a un nivel de significación de 0.05.

4.3. Discusión de los resultados

Inicialmente se encuentra que la perspectiva tradicional del especialista profesional donde se realiza aprendizaje académico de enfoque unidisciplinario con solución única, corresponde a los sistemas A y B. Son el estudio de técnicas y herramientas pero su empleo en la empresa en marcha genera nuevos problemas y fallas.

La perspectiva sistémica con enfoque multidisciplinario y visión sistémica holística, se sustenta en la interrelación profesional de diferentes profesiones, donde el aprendizaje es por experiencia y por indagación, corresponde a los sistemas C. Las soluciones a los problemas consideran varias opciones, y las decisiones son recurrentes por cuanto las organizaciones se comportan como organismos en cambio.

La perspectiva transdisciplinaria comprende el intercambio de conocimiento y el empleo sin reserva y sin ningún límite de técnicas de otras disciplinas, corresponde a los sistemas D, E y F. El aprendizaje comprende a las diversas teorías de aprendizaje: académico, por experiencia, por conducta, indagación. Las soluciones son cambiantes, multidimensionales, dentro de procesos de decisión divergentes, recurrentes, a veces, sin solución.

La figura 3 muestra la perspectiva integral y transdisciplinaria.

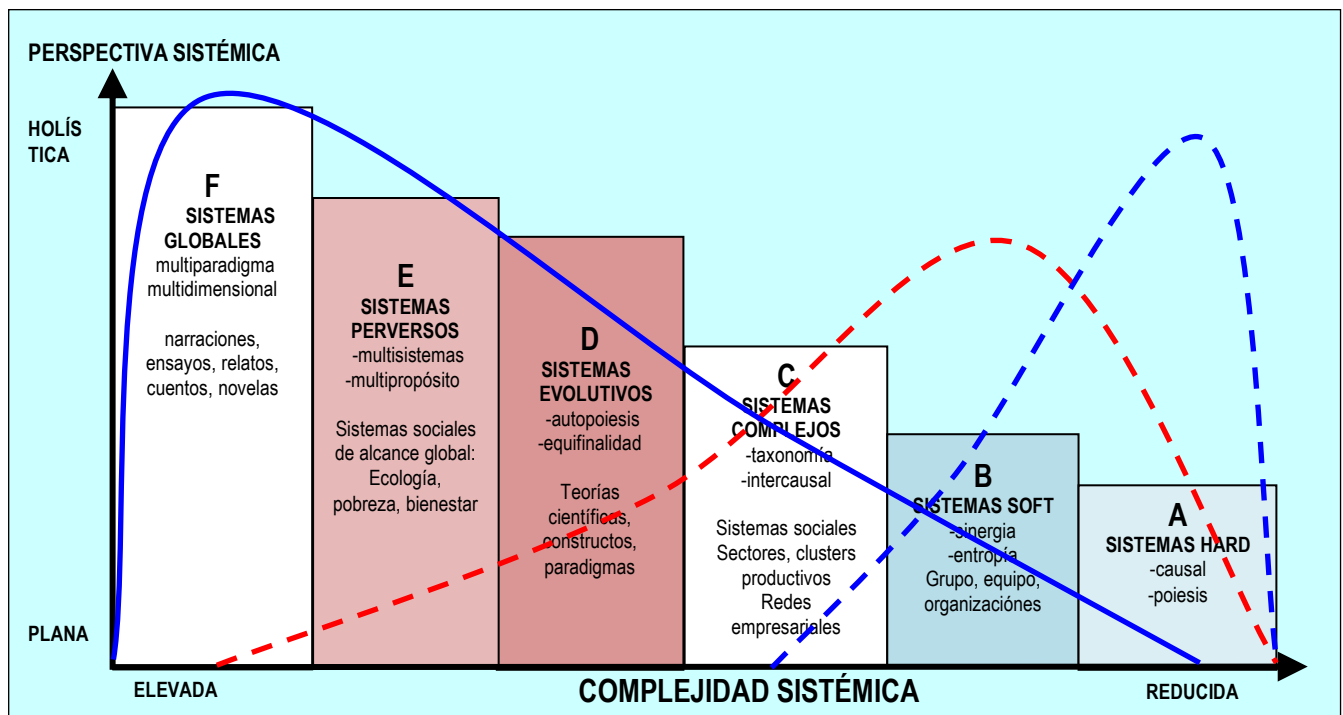


Figura 3. Perspectiva sistémica transdisciplinaria de los sistemas problemáticos

El estudio de hipótesis se enfoca en el específico del caso peruano, donde existen grupos sociales separados, contrapuestos con visiones y conductas diferentes.

El primer grupo comprende al denominado Perú moderno que agrupa a las poblaciones tradicionales urbanas donde se encuentra la empleocracia estatal y privada, los criollos y los extranjeros. Los criollos tradicionales ejecutan tareas intelectuales, mantienen el control del aparato estatal, son burócratas, palaciegos y cortesanos, los criollos modernos son descendientes de los anteriores, con posgrados en universidades extranjeras unos son la burocracia estatal permanente y otros se autodefinen como empresarios, son lobistas, rentistas y clientelistas, los extranjeros frecuentemente establecen relaciones maritales con los criollos por fines empresariales y de negocio. El grupo más numeroso denominado Otro Perú o Perú informal representa más del 70% de la población, surge a partir de un fenómeno del siglo pasado denominado desborde popular donde las poblaciones rurales de fuerte componente indígena migraron a las ciudades principalmente a la capital Lima. Se denomina migrante aspiracional y comprende dos grupos: la naciente clase media conformada por la nueva tecnocracia profesionalizada en las universidades estatales, y el emprendedor emergente que desarrolla actividades productivas y de servicios en pequeñas y medianas empresas [17]. En conjunto, tributan el 14% aproximadamente.

En el estudio, todos los grupos corroboran la hipótesis alterna, en el sentido que la forma del contexto influye en la manera que se percibe el problema y el sesgo de las decisiones. Los resultados del diseño experimental se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Resumen de diseño experimental del estudio

Grupo muestral	Perfil de muestra	Media (x,y)			
		Pre-experimento	Experimento	Pos-experimento	Comentario
Ga1	Graduados jóvenes de ii	$O_1 = (9,-2)$	X_1	$O_2 = (-8,3)$	Influencia de contexto
Ga2	Cachimbos universitarios ii	$O_3 = (8,-5)$	X_2	$O_4 = (6,-5)$	No hay cambio
Ga3	Estudiantes de IX ciclo ii	$O_5 = (5,-5)$	X_3	$O_6 = (10,-3)$	No hay cambio
Ga4	Egresados -otras carreras	---	X_3	$O_7 = (8,1)$	---

El grupo 1 estudiado muestra que un cambio relevante en la forma de percibir el contexto problemático también lleva a cambios en la percepción del ambiente, en la forma que se define el problema, en los criterios de elección y el sesgo de la decisión, determinando un perfil decisional diferente y opuesto al de su grupo originario.

El grupo 2 enfatiza las creencias, paradigmas y conductas de su grupo social originario, que es emergente aspiracional, resaltando sus relatos y narraciones tradicionales, de manera que el perfil decisional se refuerza y no se percibe cambios en la orientación de las decisiones.

El grupo 3 también es un grupo donde las lecturas y discusiones se enfocan en sus propios paradigmas y creencias. El grupo 4 es de graduados de diversas carreras aunque su perfil es semejante a los anteriores.

El efecto de la corroboración de hipótesis se muestra gráficamente en la figura 4.

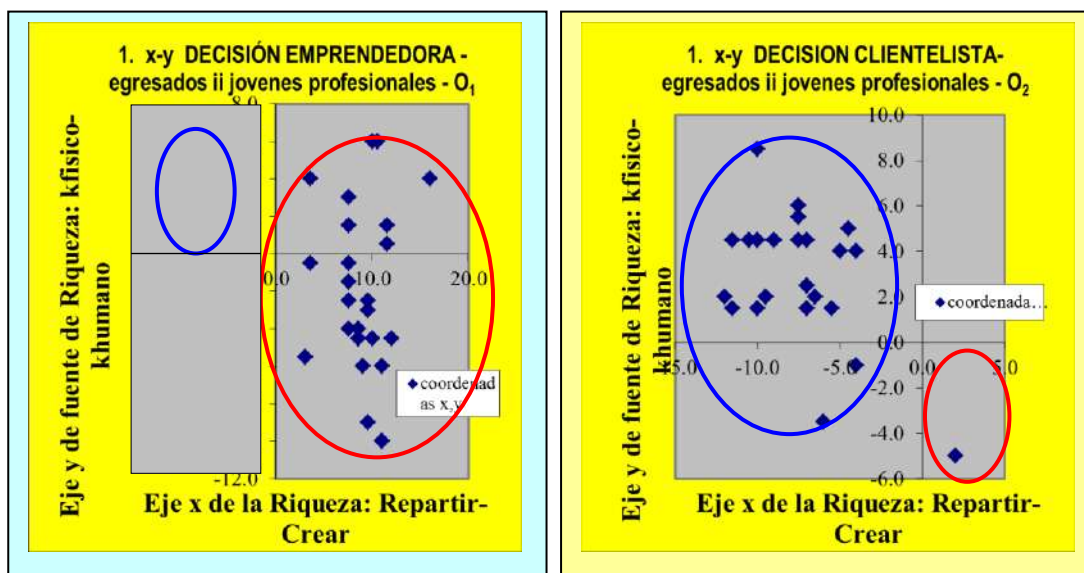


Figura 4. Influencia del contexto en el perfil decisional (emprendedor vs. Clientelista)

La muestra del estudio comprende exclusivamente a graduados de universidad estatal, el 99.7 % de la población de la muestra corresponde a hijos de migrantes rurales y son la primera generación con estudios universitarios. La figura presenta el comportamiento de los decisores de la muestra.

En su contexto normal, el migrante aspiracional tiende a elegir conductas de tipo emprendedor orientadas a crear riqueza, empleo, producción, mediante su adaptabilidad, capacidad innovadora e inversión, en el estudio el 100% de la muestra tiene perfil emprendedor se ubican en los campos C2-2 C2-4 donde el dinero es importante para generar empresa que eleve el empleo y la producción y permita acumulación de capital mediante reinversión.

Este decisor es altamente utilitarista y pragmático, la conveniencia y capacidad de cambio es su principal virtud, si percibe que el contexto cambia, de un ambiente de negocio y empresa, hacia un ambiente burocrático y de actitudes clientelistas, entonces adopta los nuevos criterios que redefinen su perfil decisional y se torna clientelista.

En la figura, el perfil de los decisores se mueve hacia el campo C2-1 que correspondería a que el 88% piensa como un criollo tradicional donde el dinero es importante en la medida que se reparte entre un grupo de allegados, para fines de diversión, estudio, viajes. Este comportamiento indica que las decisiones dependen no solo del conocimiento, paradigmas y propensiones del decisor, también se ven influenciadas por el contexto y la forma en que se percibe ese contexto.

La figura 5 es el análisis específico del caso peruano, donde existen grupos sociales separados, contrapuestos con visiones y conductas diferentes.

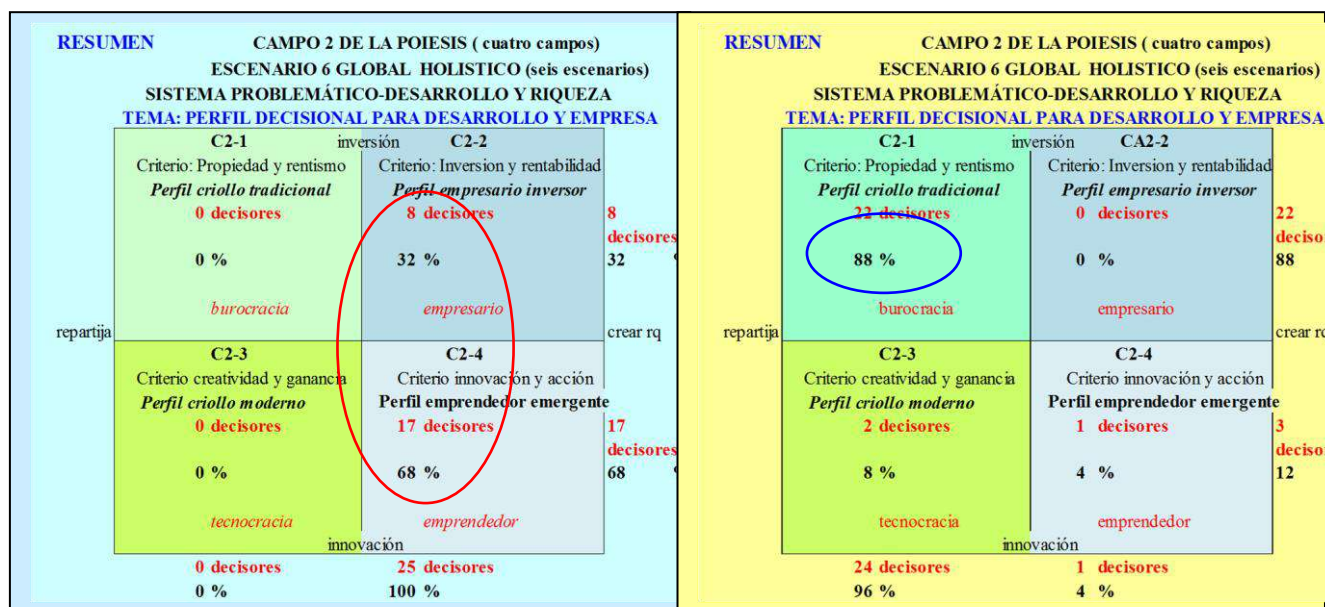


Figura 5. Perfil emprendedor frente a perfil clientelista

La figura 6 resume este cambio de sesgo decisional, en la situación inicial, la riqueza se emplear en generar más riqueza mediante inversión productiva, en la situación posterior, se desea la riqueza para repartirla en gastos superfluos.

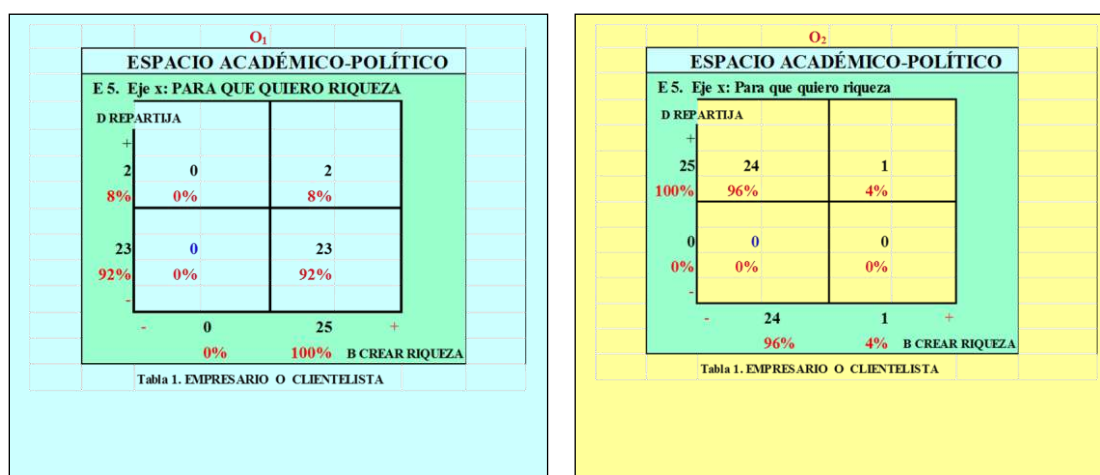


Figura 6. La razón para la que se busca la riqueza

5. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

El estudio permite las siguientes conclusiones:

- Detallando el estudio, la prueba de hipótesis uno corrobora que el contexto influye en el sesgo de las decisiones, la prueba de hipótesis dos corrobora que el cambio de contexto también cambia el sesgo decisional. El contexto de trabajo define como se plantea el problema, el cambio del contexto de trabajo implica cambio en el planteamiento del problema. Según la teoría de aprendizaje por conducta, el conocer narraciones complejas dentro de un grupo social, de modo oral o escrito, se considera aprendizaje por conducta de decisiones y acciones que representan éxito, no es aprendizaje académico. Desde la perspectiva de sistemas transdisciplinarios representan la visión holística de situaciones problemáticas totalizantes de elevada complejidad que influyen en la propensión a la decisión.
- Los sistemas globales o narrativos superan las virtudes de un caso estudio de empresa. Todo caso estudio muestra un contexto elemental derivado de una realidad simplificada, con pocas variables donde el problema es elegir la mejor técnica de análisis o la más moderna, decidir la forma en que se ejecutará la propuesta de solución y se implementarán las acciones. En cambio, los sistemas narrativos muestran un contexto elevadamente complejo muy parecido a la realidad donde acontece la vida laboral y personal, donde el problema es definir los efectos indeseados, los componentes que intervienen, las relaciones intercausales y los elementos a

modificar para resolver la situación problemática, el método de solución es irrelevante, cualquier técnica de cualquier campo que mejore los efectos puede ser utilizado.

- Durante el experimento se ha encontrado que los egresados manifiestan elevada capacidad de abstraer a partir de hechos concretos, relacionando la lectura crítica de las narraciones con la propia experiencia de trabajo, los grupos sin ninguna experiencia de trabajo no relacionan la lectura con la realidad y no han desarrollado la capacidad de abstracción. Además las narraciones representan experiencias previas que ejercen un efecto de imitación y de fronteras de conducta y decisión ya que estos hechos pasados son aceptados como comunes dentro del grupo original de las narraciones. Considerando las características de origen social de los grupos muestrales se percibe una orientación hacia decisiones de tipo emprendedor emergente., también se observa énfasis en sistemas hard y técnicas de administración científica para resolver situaciones concretas.
- Se muestra que la forma de presentación de una situación, de manera plana, simple y concreta, o de manera compleja, taxonómica y abstracta, delimita el cómo se percibe el problema y determina su posible solución. El modelo del caso de negocio, altamente sencillo pero de aparente complejidad, donde los actores ocupan una posición y un rol en la jerarquía organizacional, donde el propósito es elevar rentabilidad, la discusión se enfoca en decidir la causa de bajo rendimiento y la técnica que revertirá la situación. Si la misma situación se presentare de la manera narrativa de sistemas globales holísticos, se acercará más a la realidad en sus características de aparente desorden, visiones divergentes, propósitos en conflicto, será enriquecedor y ampliará las visiones en la práctica de decisiones de negocio.
- Los problemas globales se describen a través de escenarios narrativos de elevada complejidad dimensional. La narración constituye por sí misma una herramienta de resolución de problemas, es una forma diferente de pensar en los problemas: si se comienza a pensar de otra manera, se ven las cosas de otra manera y las acciones y decisiones empiezan a cambiar. Con el pensamiento sistémico, las narraciones de los escenarios problemáticos se tornan creíbles y poderosos en el contexto de la organización, así, el entendimiento colectivo y las formas de operación habrán de empezar a cambiar.

6. RECOMENDACIONES DEL ESTUDIO

El estudio permite las siguientes conclusiones:

- El aprendizaje académico de la profesión de ingeniería industrial resulta insuficiente para cubrir las situaciones de resolver problemas complejos, cambiantes que trascienden el ámbito del aula. La introducción de modelos de aprendizaje, como el conductual ha de permitir el desarrollo de nuevas herramientas de definición y análisis de problemas con enfoques holísticos y totalizantes, enriqueciendo la amplitud de la profesión en temas de gestión de sistemas sociotécnicos y toma de decisiones.
- El estudio de los sistemas globales o narrativos brinda visión integral de las situaciones problemáticas, resultando una manera novedosa para el desarrollo de visiones globales y capacidad de síntesis dentro de la creación de habilidades de liderazgo, donde la perspectiva y criterio de definición del problema, deviene más importante eficaz que técnicas y herramientas administrativas específicas .
- La poca capacidad de abstraer situaciones desconocidas deriva de la característica de ser estudiantes de primera generación, el reto para la universidad es crear condiciones para que el aprendizaje activo que desarrolla habilidades de acción, actualmente en boga, se complemente con el aprendizaje académico, de manera que se generen capacidades intelectuales para la creatividad y desarrollo de investigaciones básicas y aplicadas.
- Los sistemas narrativos, independientemente de que describan hechos reales o inventados, muestran la complejidad del mundo real, con mayor certeza que cualquier caso estudio. El empleo de obras literarias para entender las realidades, las costumbres, los paradigmas y creencias de un grupo social representa una línea de investigación por desarrollar.
- Se ha de considerar el empleo de renovados modelos de aprendizaje, desarrollando herramientas más cercanas al saber narrativo que complementen al saber científico, considerando epistemologías con características de sistemas, dialécticas, relativistas e históricas, que son los elementos que dan vida y permiten entender el mundo real.

7. REFERENCIAS

- [1.] Acevedo, Adolfo (2010). "El modelo conceptual de las 4 dimensiones para la resolución de problemas". Industrial Data Revista de Investigación, Vol. 13, Nº 2, julio-diciembre. UNMSM.
- [2.] Chiavenato, Idalberto (2006). Introducción a la teoría general de la administración. 7ma. Edición. Editorial McGraw Hill. México.

- [3.] Erskine & Leenders & Mauffette-Leenders (2001). Writing cases. Fourth edition.
- [4.] Acuña, Eduardo (2007). "Historias de trabajadores chilenos: símbolos y significados culturales". Estudios de Administración, vol. 14, N° 2, 2007, pp. 65-118. Editorial Universitaria. Santiago de Chile, Chile.
- [5.] Acuña, Eduardo (2012). "Management flexible y toxicidad organizacional: socio-análisis de una novela chilena". PRAXIS. Revista de Psicología Año 14, N° 21 (11-33), I Sem. 2012. Santiago de Chile, Chile.
- [6.] Polya, G. (1999). Cómo plantear y resolver problemas. 23ra. reimpresión. Ed. TRILLAS. México.
- [7.] Checkland, P. y Scholes, J. (1994). La Metodología de los Sistemas Suaves de Acción. Noriega Editores. México.
- [8.] Santelices, Iván (2014). "Editorial". Revista Ingeniería Industrial. Año 13, N° 1, Primer semestre 2014. Universidad de Biobío, Concepción, Chile.
- [9.] Santelices, I. (2014). Ingeniería Industrial, ¿Una ingeniería acorde a los nuevos tiempos?. Diario El Sur, jueves 27 de noviembre de 2014, p.21. Tomado de <http://www.elsur.cl/imprensa/2014/11/27/full/21/>
- [10.] Ackoff, Russell (2000). Recreación de las corporaciones. Un diseño organizacional para el siglo XXI. Ed. Oxford University Press. México.
- [11.] Béla H. Banathy (2010). Sistemas complejos. Extraído el 12-11-2010 desde: http://en.wikipedia.org/wiki/B%C3%A9la_H._B%C3%A1n%C3%A1thy
- [12.] Rother, M. (2014). The Improvement Kata. Practice and Learn a Scientific Way of Achieving Goals. Extraído el 12-04-2017 desde: http://www-personal.umich.edu/~mrother/The_Improvement_Kata.html
<http://www-personal.umich.edu/~mrother/Homepage.html>
- [13.] Acevedo, Adolfo (2011). "Perspectiva y circunstancia en la toma de decisiones: el modelo de las 4D del mundo de la empresa". Industrial Data Revista de Investigación, Vol. 14, N° 2, julio-diciembre. Universidad Nacional Mayor de San Marcos UNMSM.
- [14.] Ritchey, T. (2005). "Wicked Problems. Structuring Social Messes with Morphological Analysis". Swedish Morphological Society. Extraído el 10-06- 2012 desde: www.swemorph.com
- [15.] Senge, P. (1994). La Quinta disciplina en la práctica. Ed. Granica. España.
- [16.] Senge, P. (2000). La Danza del Cambio. Los retos de sostener el impulso en organizaciones abiertas al aprendizaje. Ed. Norma. Colombia.
- [17.] Acevedo, Adolfo (2016). "Estudio del perfil de liderazgo en el Perú. Enfoque transdisciplinario del proceso de creación de liderazgo". VII Congreso hacia el Bicentenario. Noviembre 2016. Vice Rectorado de Investigación, UNMSM.

Innovando en educación en las asignaturas de las carreras de Ingeniería

Reynals, Julio Cesar^{(1)*}; Guzmán, María Fernanda^{(2)*}; Marcangeli, Mariana Claudia Josefina^{(3)*}

Instituto de Desarrollo Económico e Innovación - Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur.

Onas 450. CP 9410, Ushuaia

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología - Universidad Nacional de Tucumán.

Avda Independencia 1800, CP 4000, Tucumán

Instituto de Educación y Conocimiento - Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur

Onas 450. CP 9410, Ushuaia

(1) jcreynals@untdf.edu.ar, (2) mferguzman@herrera.unt.edu.ar, (3) mmarcangeli@untdf.edu.ar

RESUMEN.

El proyecto de innovación estuvo centrado en la implementación de cambios en los métodos de enseñanza y aprendizaje en las carreras de ingeniería. Se desarrollaron las competencias de trabajo en equipo y comunicación oral de los alumnos, mediante un trabajo colaborativo y participativo y se introdujeron modificaciones en la organización y diseño de la materia Sistemas de control. La propuesta se implementó en contenidos seleccionados de los programas de las asignaturas, Sistemas de Control de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Tierra del Fuego (7mo. cuatrimestre), y Programación I de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán (1er. Cuatrimestre de segundo año).

Se puede concluir que los estudiantes, atendiendo a sus propios estilos de aprendizaje, entre los que el visual y el activo predominaron, alcanzaron una comprensión significativa y superadora de los temas. Al mismo tiempo, la participación en proyectos para promover la capacidad de trabajo en equipo y la comunicación oral, mediada por presentaciones fue una experiencia nueva para los alumnos.

Creemos que la implementación de los cambios en la manera de enseñar y aprender fue un paso inicial importante, dentro de nuestras carreras, que brindará motivación a otros docentes, a la vez que sentará un precedente en el camino del desarrollo de las competencias.

Palabras Claves: Educación - Competencias - Innovación - Ingeniería - Aprendizaje.

ABSTRACT

The innovation project was focused on implementing changes in teaching and learning methods in engineering careers. The skills of teamwork and oral communication of the students were developed through collaborative and participatory work and modifications were introduced in the organization and design of the subject Control systems. The proposal was implemented in selected contents of the subjects programs, Control Systems of Industrial Engineering of the National University of Tierra del Fuego (7th semester), and Programming I of the Faculty of Exact Sciences and Technology of the National University of Tucumán (1st semester of the second year)

It is possible to conclude that the students, according to their own learning styles, between which the visual and the active prevailed, reached a meaningful and surpassing understanding of the subjects. At the same time, participation in projects to promote teamwork and oral communication mediated by presentations was a new experience for students.

We believe that the implementation of changes in the way of teaching and learning was an important initial step in our careers that will motivate other teachers, while setting a precedent in the development of competencies.

Keywords: Education - Competencies - Innovation - Engineering - Learning.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Educación en la universidad.

Los alumnos que hoy ingresan a las aulas pertenecen a nuevos grupos sociales, la universidad se ha abierto a un número mayor de alumnos. Según Monereo y Pozo [1] los cambios en la sociedad han sido numerosos, pero si se toma distancia y nos internamos en las aulas poniendo especial atención a cómo enseñamos los profesores y cómo aprenden los alumnos, si se estudia la forma en que son evaluados los alumnos y los conocimientos que demuestran esas evaluaciones, ¿es mucho lo que ha cambiado realmente?, ¿o se sigue viviendo en la misma cultura educativa, las mismas formas de aprendizaje y enseñanza tradicionales en la universidad? [1]

Concordando con el pensamiento de Monereo, podemos vislumbrar que se han producido cambios, pero quizás no son lo suficientemente profundos si se comparan con los producidos en la sociedad y particularmente, los cambios en la sociedad del conocimiento, en las formas de gestionar socialmente el saber.

La didáctica de las ciencias ha ido consolidando su importancia en la enseñanza de las ciencias, en particular en el ámbito de la escuela secundaria y en la formación de profesores. Las relaciones de esta disciplina con la psicología y con los procesos del aprendizaje inciden las sucesivas etapas de consolidación de esta disciplina autónoma. Actualmente el aprendizaje se asume como objeto de estudio de la didáctica de las ciencias. [2]

Los estudios de investigación sobre la aplicación, influencia y aportes de la didáctica en particular en el ámbito universitario son escasos. Existen algunos trabajos en ciertas universidades de nuestro país a saber: Rivarosa [3] muestra cómo las actividades de enseñanza permiten construir categorías de comprensión nuevas y evidencian una modalidad de aprendizajes significativos claramente diferenciables de los tradicionales. Asimismo, Cazón [4] implementó un diseño para la enseñanza de la química orgánica y observó como esa innovación favorece el rendimiento académico de los alumnos y su retención en la universidad. En este sentido, Pianzola - Ramírez [5] han realizado estudios comparativos entre las formas tradicionales de impartir clases en la mayoría de las materias de la universidad y los modelos alternativos que implican selección de estrategias, recursos didácticos y formas de evaluación. La finalidad de estos estudios está centrada en reconocer los aspectos que favorecen la mejora del nivel de comprensión y del aprendizaje significativo por parte de los estudiantes.

Considerando que el ámbito universitario es el lugar social donde se produce, circula e intercambia el conocimiento, es imperioso repensar la enseñanza y el aprendizaje acorde a los cambios en la naturaleza y gestión social del conocimiento. [1]

El proceso de enseñanza - aprendizaje en el nivel superior universitario, se caracteriza por conservar una estructura tradicional de enseñanza reproduciendo el modelo adoptado por nuestros profesores en la formación universitaria y con el que nos han formado en las aulas universitarias.

Propiciar un ambiente donde se generen interrogantes, se incentive la participación activa de los alumnos desde el trabajo colaborativo y la autonomía andamiada por el docente, implica conformar una nueva modalidad de aprender y de enseñar. Cambiar el rol del alumno pasivo, estático, receptor de información, por el de un alumno activo y participativo con otra motivación hacia el conocimiento, atendiendo a los estilos de aprendizaje. [6]

1.2 La educación en ingeniería en las universidades argentinas.

La educación en ingeniería por competencias es un hecho que se viene implementando y afianzando en las distintas orientaciones de las ingenierías en el país.

Durante el año 2017, en el taller del Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería (CONFEDI), se realizó la formación de Redes por terminales, que en el caso particular de las ingenierías industriales estuvo a cargo de la Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial (AACINI). La finalidad de estos encuentros es establecer las competencias específicas que debe acreditar un egresado de ingeniería.

En la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (FACET), a partir del año 2017, se realizaron ciclos de formación docente sobre competencias.

Entre las acciones a llevar a cabo a fin de comenzar con las transformaciones en la educación en ingeniería para el siglo XXI se recomienda:

- Centrarse en cómo aprenden los alumnos, cuáles son los diferentes estilos de aprendizaje.
- Generar instancias de investigación con un propósito específico.
- Innovar el curriculum y la experiencia de aprendizaje desarrollando competencias que le permitan insertarse en el ambiente laboral.

Las “competencias” son las capacidades con diferentes conocimientos, habilidades, pensamientos, carácter y valores de manera integral en las variadas interacciones que tienen los seres humanos para la vida en el ámbito personal, social y laboral. Las competencias son los conocimientos, habilidades y destrezas que desarrolla una persona para comprender, transformar y practicar en el mundo en el que se desenvuelve. En la tabla 1 se muestran aquellas competencias genéricas recomendadas por el Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería.

Tabla 1 Competencias genéricas de egreso del Ingeniero [7] CONFEDI (2014)

Tecnológicas	Sociales, políticas y actitudinales
• Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería. • Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería. • Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería. • Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería. • Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.	• Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo. • Comunicarse con efectividad. • Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global. • Aprender en forma continua y autónoma. • Actuar con espíritu emprendedor.

En la agenda actual de la enseñanza de la Ingeniería, hay una preocupación por promover el desarrollo de las competencias de los estudiantes, tanto a nivel nacional como internacional. Las competencias del estudiante para el siglo XXI.

Los ingenieros durante su formación deben adquirir habilidades y competencias para enfrentar los desafíos de innovación y creatividad que exigen e implican la resolución de los problemas en su vida profesional [8]. Esto se traduce en la elaboración y diseño de clases con una visión superadora de la mera transmisión de la información. Apropiarse de esos conocimientos aplicándolos a situaciones específicas.

Ante el desafío de las modificaciones en los modos de enseñar y aprender, se plantean la pregunta qué cambios hacer en la universidad. Morell, sugiere reformar la experiencia de aprendizaje, enfocarse en el aprendizaje de los estudiantes, fomentar la innovación, etc.

En este proyecto nos enfocamos en implementar algunas formas alternativas al momento de plantear los contenidos a abordar. El propósito se centró en mejorar las clases atendiendo a la comprensión de los estudiantes y a la explicación propiciando un ambiente donde se generan interrogantes y se incentive la participación activa de los alumnos desde el trabajo colaborativo. La autonomía del alumno, andamiada por el docente, implica conformar una nueva modalidad de aprender y de enseñar. Cambiar el rol del alumno pasivo, estático, receptor de información por el de un alumno activo, participativo con otra motivación hacia el conocimiento.

Para tal fin hemos propuestos como principales objetivos

- a. Implementar cambios en los métodos de enseñanza aprendizaje en las materias Sistemas de Control y Programación I.
- b. Desarrollar las competencias de trabajo en equipo y de comunicación oral.
- c. Introducir modificaciones en la organización y diseño de la materia de Sistemas de control.

2. EL INICIO DEL PROYECTO Y SU DESARROLLO

La presente experiencia se llevó a cabo en las asignaturas: Sistema de Control perteneciente a la carrera de Ingeniería Industrial del Instituto de Desarrollo Económico e Innovación (IDEI) de la Universidad Nacional de Tierra del Fuego (UNTDF) y Programación I para las carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería en Computación de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (FACET) de la Universidad Nacional de Tucumán.

El proyecto tiene su origen en la realización del curso “*Educador Internacional de Ingeniería*”, IGIP, comenzado en enero del 2017 en Puerto Rico. El mismo exigía, para su aprobación, realizar un proyecto final de innovación en educación de manera grupal. El grupo de trabajo estuvo conformado por tres docentes, pertenecientes a dos universidades nacionales de Argentina; una docente Ingeniera en Computación de la Universidad Nacional de Tucumán; una docente investigadora Licenciada en Biología perteneciente al Instituto de Educación y Conocimiento de la Universidad Nacional de Tierra del Fuego y un docente investigador Ingeniero Electricista c/o Electrónica perteneciente al Instituto de Desarrollo Económico e Innovación de la Universidad Nacional de Tierra del Fuego. Este equipo interdisciplinario comenzó su labor en una primera instancia presencial, para luego continuar con encuentros virtuales, distribuidos desde febrero a septiembre.

A fin de lograr una fluida comunicación en el equipo, con el objetivo de organizar y planificar las tareas, se conformó un grupo de Whatsapp denominado **T & T** (Tucumán y Tierra del Fuego) surgido del curso IGIP.

Para llevar adelante la instancia de producción escrita de los documentos se trabajó en una carpeta compartida en Google Drive.

Además de estas acciones se hicieron reuniones virtuales y videoconferencias frecuentes a través de Google Hangouts.

2.1 Metodología

Con el objeto de organizar a los alumnos en el trabajo grupal se siguieron los lineamientos para el aprendizaje colaborativo, que significa un cambio de roles, en el que el docente actúa como facilitador del proceso de aprendizaje mientras los estudiantes adoptan una participación activa, integrando un grupo con claros roles asignados a cada participante, generándose en estas instancias un diálogo entre pares. [9], [10] y [11].

Debido a que el grupo de docentes pertenecía a dos universidades ubicadas a miles de kilómetros de distancia, se dificulta la implementación del proyecto en una sola materia, por lo que se planificó ejecutar las acciones en dos asignaturas diferentes.

La Universidad Nacional de Tierra del Fuego y la carrera de Ingeniería industrial son nuevas, recién este año 2017 se está cursando el 5to. año de la carrera. Por lo que la materia Sistemas de Control contó con 7 estudiantes, si bien este número parece escaso, se condice con las características particulares de esta casa de estudios, teniendo en cuenta la población demográfica de la isla. Esta asignatura corresponde al 7mo. cuatrimestre de la carrera.

Por otro lado, la asignatura Programación I de Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán corresponde al 1er. cuatrimestre de segundo año, teniendo en su aula 87 alumnos por cuatrimestre para su cursado.

A fin de lograr los objetivos planteados se realizaron las siguientes acciones en relación a la implementación de cambios, en los métodos de enseñanza aprendizaje:

2.1.1 Implementación de equipos de trabajo y la capacidad de comunicación oral en la asignatura Sistemas de Control.

Atendiendo a los cambios en la enseñanza se promovió una participación más activa de los alumnos. Seleccionando del contenido de la materia Sistemas de Control de la carrera de Ingeniería Industrial, el estudio de los “*Controladores*”. El segundo tema que se seleccionó para promover su contribución, fue el de “*Actuadores Hidráulicos*”.

A partir del tema “Controlador Proporcional Integrador Derivador “ (Controladores PID), se solicitó a los alumnos que realizarán una investigación y una evaluación de los proveedores de Controladores PID y de los distintos modelos que cada proveedor ofrecía. El objetivo final de la actividad fue seleccionar entre las posibles ofertas en el mercado, un controlador PID. Con esta propuesta se buscaba fortalecer los aspectos vinculados con las capacidades de indagar, relacionar, contrastar y argumentar.

Instrucciones relacionadas con el tema de Controladores PID para la organización del equipo.

Los alumnos debieron:

- Dividir las actividades
- Analizar en grupo la tarea encomendada
- Identificar las distintas marcas que hay en el mercado
- Identificar los modelos de cada marca
- Realizar una reseña comparativa con las aplicaciones de cada unidad investigada

Desarrollo del trabajo.

Los alumnos dispusieron de una semana a fin de desarrollar la tarea, posteriormente debían presentar un informe.

En una instancia final debían comunicar los resultados de su investigación mediante una presentación oral empleando la herramienta Power Point. Esta actividad permitió al equipo docente evaluar al grupo.

En la experiencia lograron la conformación de grupos colaborativos para la toma de decisiones, identificando el rol de cada uno de los miembros en cada equipo. [11] [12] y [13].

A partir de otro contenido del programa “Actuadores Hidráulicos”, se les propuso a los estudiantes la construcción de un brazo hidráulico.

Se empleó un video demostrativo a fin de utilizar ese modelo para el prototipo a realizar. Los alumnos prepararon la organización y distribución de materiales y asistieron en un día fuera de sus clases habituales a los laboratorios para la construcción del brazo hidráulico.

Esta estrategia docente estuvo orientada a contribuir con el desarrollo de las capacidades de observación, destreza manual, aplicación de conocimientos adquiridos en la teoría y en otros espacios de las asignaturas básicas como las físicas y la matemática.

Con el fin de registrar las experiencias innovadoras se filmaron las actividades en las que participaron los estudiantes. Se utilizó una cámara fotográfica y de filmación Cannon personal y posteriormente se procesó y editó un video. Tanto el video como las fotos se guardaron como documentación.

Comunicación de lo aprendido.

A fin de promover la capacidad para la comunicación en forma integrada, se propuso a los alumnos la presentación del producto desarrollado, exponiéndolo en la Feria de las Carreras realizada durante el mes de julio en la Universidad Nacional de Tierra del Fuego. La Feria estuvo dirigida a los alumnos de los colegios secundarios, a fin de mostrar y promocionar las carreras de la universidad.

A modo de evaluación de la experiencia sobre los temas Controladores PID y brazo hidráulico, se solicitó a los alumnos comentar los distintos roles que protagonizaron durante el trabajo.

2.1.2 Incorporación de la plataforma educativa en la asignatura Sistemas de Control.

La Universidad Nacional de Tierra del Fuego tiene en funcionamiento una plataforma educativa que no tiene amplia utilización en los cursos de grado. La misma no era un recurso didáctico empleado por la cátedra hasta este año.

Como resultado de los conocimientos adquiridos y aplicados por este grupo de docentes en el curso de IGIP, se implementó en la plataforma virtual Moodle (<http://moodle.untdf.edu.ar/>), el sitio de la materia. De esta manera, se logró fortalecer los recursos didácticos para el desarrollo de la cursada, innovación con respecto al año anterior. Organizándose la página en

secciones con links a videos educativos y se subieron los archivos en formato PDF de cada tema dictado en clase, así como ejercicios relacionados a las temáticas teóricas.

Con respecto a la organización de la materia Sistemas de Control, además del profesor asociado, este año se convocó a un Asistente Principal, incorporación que contribuyó a la constitución de un equipo de cátedra.

2.1.3 Participación de los alumnos en trabajos de investigación.

Además de las actividades planeadas para la materia Sistemas de Control, se realizó un look across en la carrera de Ingeniería Industrial, proponiendo una activa incorporación de alumnos en trabajos de investigación.

La universidad Nacional de Tierra del Fuego cuenta con una Secretaría de Ciencia y Tecnología que impulsa la investigación a través del financiamiento de proyectos. En la carrera de ingeniería industrial se desarrollan tres proyectos de Investigación:

- Reciclado de Residuos Sólidos Urbanos (vidrio);
- Nave Tierra (Eficiencia Energética),
- Mein k'oo (elaboración de férulas a partir de la impresión 3D).

El equipo de investigación está integrado por docentes investigadores y 6 alumnos pertenecientes al tercero, cuarto y quinto año de la carrera.

2.2 Asignatura Programación I.

En la materia Programación I se cambió el aprendizaje pasivo de los estudiantes por uno activo, en el cual se propició la interacción entre docentes y estudiantes, mediante la realización de clases teórico - prácticas, permitiendo abordar los temas desde una perspectiva colaborativa y más participativa por parte del alumnado.

En el tema “Cadenas de caracteres”, se implementó el método de flipped learning, teniendo en este caso un excelente resultado por parte de los estudiantes.

Al finalizar cada clase se elaboró un cuestionario con una serie de preguntas cortas, consultando a los alumnos acerca de los temas abordados.

Por otra parte se realizaron 2 talleres sobre programación en C aplicados a placas EDU-CIAA, estas actividades familiarizaron a los alumnos con la manipulación de las placas, generando un conocimiento que será retomado en asignaturas posteriores, tales como Diseño Lógico y en Diseño de Microprocesadores.

En lo que respecta al desempeño en las competencias de trabajo en equipo y comunicación oral, se planificaron actividades para promover las interrelaciones personales entre los estudiantes. Esto se llevó a cabo realizando actividades en las clases, desarrollando programas cortos entre grupos de alumnos, cuyos resultados se evaluaron por los compañeros.

- En el tema Estructuras de Repetición se les solicitó realizar, por mesón de trabajo, el mismo ejercicio empleando diferentes estructuras, luego debían pasar a presentar su programa.
- En el tema Funciones, se les solicitó que, por mesón de trabajo, realizarán el mismo ejercicio empleando pasaje de parámetros por valor, por referencia o combinados.

Además se realizó un proyecto, organizado en grupos de 3 alumnos, que consistió en escribir una parte de un programa para luego integrarse en un único programa, que tras algunas iteraciones funcionó satisfactoriamente.

Los trabajos grupales que realizaron como parte de la evaluación final de la materia, permitieron a los alumnos enfrentarse con problemas prácticos reales, planteados en las asignaturas: Circuitos Eléctricos 1, Laboratorios de Física, Electrónica 1, Desarrollo de Software, entre otras.

2.2.1 Rediseño del programa de las asignaturas en Programación I.

Se modificó la estructura del dictado de los contenidos y el sistema de evaluación de los temas que se iban abordando.

Se confeccionó un syllabus estructurado sobre la base de las competencias y los objetivos de aprendizajes a alcanzar por parte de los estudiantes.

2.2.2 Incorporación de la plataforma educativa en la asignatura Programación I.

Se implementó de manera formal la plataforma moodle de facetvirtual (www.facetvirtual.unt.edu.ar). A través de ella se elaboraron encuestas referidas a los avances de los estudiantes, auto-evaluaciones de los temas enseñados, foros entre estudiantes y los docentes. Asimismo, se habilitaron consultas para la realización de actividades “propuestas y extra-curriculares”.

2.2.3 Comunicación: Compartir los resultados obtenidos de este proyecto.

En la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología se desarrollaron ciclos de formación docente sobre competencias. La Ingeniera Guzmán expuso el caso de la asignatura Programación I a los docentes del claustro de la carrera de Ingeniería en Computación en un taller interno; en el marco de los talleres “Desarrollo de Currículos de Ingeniería Basados en Competencias” a cargo del Ing. Cukierman y la Ing. Morell. También se compartió la experiencia con los docentes del ciclo básico en el taller “Formación de Ingenieros en el Siglo XXI: Aseguramiento del perfil de egreso. El aporte de las ciencias básicas al logro de las competencias genéricas” que estuvo a cargo del Ing. Daniel Morano

3. ENCUESTAS, FIGURAS Y TABLAS.

3.1 Encuestas realizadas en la Asignatura Sistemas de control

Se realizaron encuestas cortas a los alumnos que procuraban indagar sobre el impacto de estas actividades, en la materia Sistemas de Control. Se transcriben algunas respuestas sobre el trabajo con los Controladores PID

1. ¿Qué les pareció la actividad de hoy? Déjenos su opinión al respecto

- *Muy linda, y productiva.*
- *Sobre controladores PID, opino que es un tema muy interesante. En mi caso, que estoy inmerso en el ámbito eléctrico, considero que me es de ayuda en mi desarrollo laboral, no tan solo por tener una noción de controladores PID, sino por todos los tipos de controladores.*
- *Interesante porque pasamos de la teoría a la práctica.*

Respuestas sobre Actuadores Hidráulicos.

2. ¿Qué les pareció la actividad de hoy? Déjenos su opinión al respecto

- *Productiva, interesante y bien encaminada.*
- *Fue una actividad muy buena ya que nos permitió ver en persona cómo funciona un actuador hidráulico, obviamente, esto quedará por mucho más tiempo en nuestra memoria más allá de toda la teoría que vimos.*
- *Interesante, un desafío.*

3. El trabajo en equipo facilitó la comprensión del tema?

- *Por lo que pude apreciar sí lo hizo.*
- *Mi respuesta es la misma que di en la encuesta de Controladores PID; es más, en este TP tuvimos más complejidades. Todos los integrantes de nuestro grupo llegamos tarde al menos una vez en alguna de las reuniones que tuvimos nosotros.*
- *Sí lo facilitó porque nos hizo ahondar en el tema.*

3.2 Rúbricas de evaluación

La evaluación del trabajo de los estudiantes se efectuó a través de Rúbricas de evaluación.

Tabla 1 Rúbrica para Evaluación del trabajo grupal

Cuán efectivamente ha trabajado el grupo	No en absoluto	No adecuado	Buena	Muy Buena
Compromiso con la función o tarea asignada				
Rendimiento dentro de la fecha límite				
Calidad de la contribución individual				
Participación en reuniones				
Las decisiones fueron tomadas por consenso				
Existe interdependencia positiva				
Capacidad del equipo para completar la tarea				

Tabla 2 Rúbrica para evaluación individual

Escala	Miembros del equipo	No en absoluto	No adecuado	Buena	Muy Buena
Contribución	Miembro 1 Miembro 2 Miembro 3				
Comunicación	Miembro 1 Miembro 2 Miembro 3				
Habilidad para liderar	Miembro 1 Miembro 2 Miembro 3				
Manejo de conflictos	Miembro 1 Miembro 2 Miembro 3				
Generar un clima de equipo constructivo	Miembro 1 Miembro 2 Miembro 3				
Promueve y anima a sus compañeros a lograr, a contribuir y aprender.	Miembro 1 Miembro 2 Miembro 3				
Posee capacidad de discutir temas abiertamente con los miembros del equipo, es honesto y muestra respeto por el otro.	Miembro 1 Miembro 2 Miembro 3				

3.3 Encuestas realizadas en la asignatura Programación I

Luego de la realización de las actividades grupales en clases se les consultaba a los estudiantes, de manera anónima, algunas de sus respuestas fueron:

¿Qué les pareció la clase de hoy?

- *Me pareció muy interesante la idea de hacer en grupos para poder compartir conocimientos con los otros compañeros y luego exponerlos.*
- *Entretenida, considero esto una buena actividad para trabajar en grupo, afianzar conocimientos entre compañeros y para que no sea muy tediosa, aburrida o repetitiva la clase. Es una buena iniciativa.*
- *Me pareció una buena propuesta solo que no se desarrolla el trabajo individual de cada integrante.*
- *Excelente me gusto muchísimo ojala todas fueran así, porque las anteriores eran muy aburridas y densas.*
- *Muy buena es muy didáctica, aunque quita tiempo para trabajar en los prácticos*
- *Poco en hacer un solo ejercicio, pero bueno lo de exponer el ejercicio y también trabajar en grupo.*
- *La presentación en grupos me pareció una buena experiencia, que nos sirvió a trabajar en grupo, a conocer las ideas de los compañeros, y en la presentación ver nuestros errores cometidos en el programa.*

En otras clases luego del dictado del tema abordado se les consultó sobre,

¿Qué aprendieron hoy?

- *Trasladar el lenguaje de diagramas de flujos a programación en C y permitir interactuar con la computadora para que realice las tareas que requiere.*
- *Repasamos los temas vistos en Informática teniendo presente algunos detalles a la hora de codificar.*
- *En esta clase aprendimos como es o será aprender en C, esta clase me resultó bastante entretenida, sobre todo porque pudimos repasar algunos conceptos en los que había quedado en dudas. La explicación de la profesora se resultó más entendible.*
- *Aprendí a trabajar con arreglos unidimensionales, a trabajarlos con programas simples y luego relacionarlos con funciones.*
- *El día de hoy aprendimos a programar con el uso de arreglos, también aplicando todos los conocimientos anteriores.*

Las respuestas a las preguntas elaboradas a los alumnos nos proporcionaron información sobre los conocimientos fundamentales adquiridos de los temas abordados durante las clases

3.3.1 Resultados de la implementación de nuevas metodologías en la asignatura Programación I

Al desarrollar las competencias deseables para el curso de Programación I, se logró mejorar el rendimiento de aprendizaje de los estudiantes. Los resultados de la implementación de estas innovaciones en el aula, se reflejan en la Gráfica 1 y la Gráfica 2 correspondientes a las cohortes de 2016 y 2017. Se evidencia un importante aumento en la cantidad de alumnos promocionados, pasando de un 15% a un 66,7% manteniéndose los mismos estándares de aprobación. Se observa además que la cantidad de alumnos que rinden como libres, por haber desaprobado la cursada, disminuyó de un 35,9% a un 17,3%.

Resultados Programación I - 2016

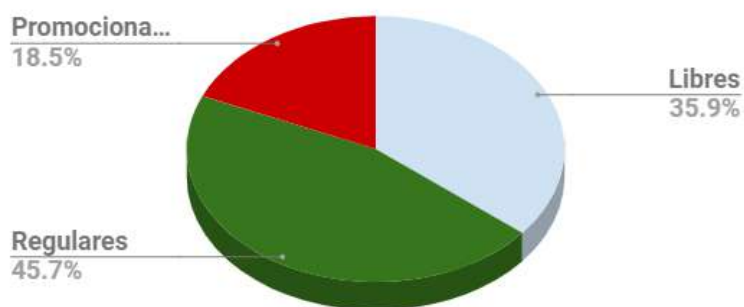


Gráfico 1: Resultados al finalizar la asignatura Programación I - Año 2016

Resultados Programación I - 2017

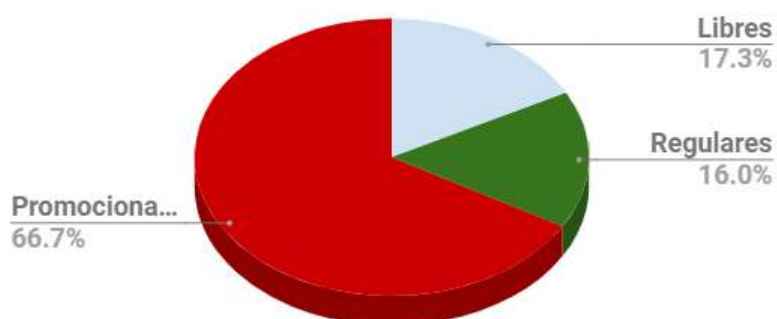


Gráfico 2: Resultados al finalizar la asignatura Programación I - Año 2017

4. CONCLUSIONES.

La conformación del grupo interdisciplinar e interuniversitario de docentes posibilitó la intervención y la mirada de la práctica docente desde diferentes perspectivas.

La participación en dos proyectos para promover la capacidad de trabajo en equipo y la comunicación oral, mediada por presentaciones fue una experiencia nueva para los alumnos. De lo evaluado por la encuesta se puede concluir que les despertó interés, fue algo novedoso permitiéndoles acceder a prácticas, que según sus dichos son escasas en las materias. Demostrando el compromiso personal por parte de los estudiantes, del trabajo extracurricular. Si bien, al comienzo de la experiencia nuestro preconceito fue que nos encontraríamos con cierta resistencia al cambio por parte de los estudiantes; este proyecto nos demostró que los alumnos son receptivos a opciones novedosas en el hacer diario en las asignaturas y están dispuestos a modificar sus modos de aprender.

Por tal motivo, recomendamos continuar con estas iniciativas de innovación en el aula propia, haciéndola extensiva a las otras materias dentro de las carreras.

Sabemos que estas prácticas motivadoras tendrán que ser consensuadas, compartidas y aprendidas por los equipos docentes de la carrera.

Como una forma de afianzar la comunicación oral, la experiencia efectuada en la feria de las carreras puso en juego el desafío de la comunicación hacia un público diferente con el que los estudiantes debieron enfrentarse contrastando con la presentación oral en la clase.

En la clase el receptor de la información son el docente y sus pares, quienes conocen básicamente la temática del trabajo, puesto que fueron participantes de todo el proceso.

En contraposición, en la feria los destinatarios e interlocutores fueron un grupo de diferente de personas, quienes participaron desde otro ámbito, con otra formación, conocimientos, vocabulario, y expectativas.

En este ensayo se puede concluir que los estudiantes atendiendo a sus propios estilos de aprendizaje, entre los que el visual y activo predominaron, alcanzaron una comprensión significativa y superadora.

La inclusión de estudiantes en los proyectos de investigación es una manera concreta de iniciar a los futuros egresados en las competencias tecnológicas tales como: concebir, diseñar, desarrollar, planificar y ejecutar proyectos de ingeniería.

Creemos que la implementación de los cambios en la manera de enseñar y aprender fue un paso inicial importante, dentro de nuestras carreras, que brindará motivación a otros docentes, a la vez que sentará un precedente en el camino del desarrollo de las competencias. El presente proyecto fue una pequeña prueba piloto factible de modificar y mejorar, sin embargo lo consideramos el comienzo del cambio.

5. REFERENCIAS.

[1] Monereo, Carles.; Pozo, Juan I. (2003). *La cultura educativa en la universidad: nuevos retos para profesores y alumnos. La universidad ante la nueva cultura educativa. Enseñar y aprender para la autonomía*. España. 1ra Edición. Editorial: Síntesis. Lugar de Impresión: España. pag.15-30.

[2] Adúriz-Bravo, A. (2000). Consideraciones acerca del estatuto epistemológico de la didáctica específica de las ciencias naturales. *Revista del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Educación*, 9(17), 49-52.

[3] Rivarosa, A., & Moroni, C. (2008). Análisis de las representaciones de los estudiantes universitarios de Biología acerca de las prácticas en ciencias: una alternativa para la enseñanza. *Revista de educación en biología*, 11(1), 18-30

[4] Cazón, A. V., Juárez, V. D., & Moreno, C. C. (2008). La enseñanza de la química orgánica en las carreras del profesorado y la licenciatura en ciencias biológicas. *Revista de educación en biología*, 11(1), 31-36.

[5] Pianzola, M., Ramírez, S., Lapasta, L., & Pianzola, S. (2009). Análisis de la aplicación de estrategias para la comprensión en la cátedra universitaria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 290-294.

[6] Felder, RM, Brent, R -(2007). Cooperative learning- ACS Publications.

[7] Documentos de CONFEDI "COMPETENCIAS EN INGENIERÍA". Declaración de Valparaíso CONFEDI. Abril 2014

[8] Morell, L; MS, PE. (2007). Engineering Education, Globalization and Economic Development: Capacity Building for Global Prosperity . Submitted to the INEER Journal of Engineering Education.

[9] Plan Nacional para las Ciencia, Tecnología e Innovación: Innovación Argentina 2020 <http://www.argentinainnovadora2020.mincyt.gob.ar/>

[10] Educating Engineers: Preparing 21st Century Leaders in the Context of New Modes of Learning http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=18254

[11] Tarricone, P. & Luca, J. (2002) Successful teamwork: A case study, in Quality Conversations, Proceedings of the 25th HERDSA Annual Conference, Perth, Western Australia, 7-10 July 2002: pp 640.

[12] Tuckman, B W (1965. 'Developmental Sequence in Small Groups', Psychological Bulletin 63.

[13] Padilla, I., López, et al. (1995) Compendio de Experiencias en el Aprendizaje Cooperativo (Compendium of Experiences in Cooperative Learning), National Science Foundation Puerto Rico Louis Stokes Alliance for Minority Participation, University of Puerto Rico at Mayagüez, Mayagüez, Puerto Rico,

[14] Morell, Lueny (.2017). Engineering Education in the 21st Century: Roles, Opportunities and Challenges. Puerto Rico.

Diseño y desarrollo de un dispositivo lúdico de aprendizaje

Marta L.Cerrano*, Luis Feraboli*, María L. Gallegos*⁽¹⁾

*Facultad de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario
Av, Pellegrini 250, Rosario (2000), Santa Fe, Argentina
mcerrano@fceia.unr.edu.ar; feraboli@fceia.unr.edu.ar
mgallegos@frsn.utn.edu.ar*

⁽¹⁾ *Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Nicolás
Colon 332, San Nicolás, Buenos Aires, Argentina*

RESUMEN

La enseñanza supone la selección o creación de dispositivos pedagógicos, por tal motivo en el presente trabajo que se enmarca dentro de una investigación más amplia, se ha procurado diseñar y desarrollar estrategias didácticas utilizando juegos serios en el ámbito de la Ingeniería Industrial. Se describe el diseño un dispositivo de enseñanza que promueva el aprendizaje activo, potenciando la motivación, la comunicación y la interrelación entre los participantes, favoreciendo el desarrollo por competencias. El mismo es aplicable a Ingenierías o carreras afines que incluyan en su diseño curricular un proceso productivo y distintas técnicas de mejora de procesos (5 s, nivelación de la producción, *Kanban*, etc.). Los resultados previos y el proceso de diseño como su desarrollo permiten deducir que la gamificación favorece la participación del alumno potenciando la motivación, el compromiso con el aprendizaje y el desarrollo de competencias. El docente colabora en tutoría y formación en el proceso enseñanza-aprendizaje. Utilizar un juego en un contexto de enseñanza puede considerarse como una herramienta complementaria que aporta al aprendizaje activo, enlaza con conocimientos y experiencias previas con nuevos contenidos, promoviendo el aprendizaje significativo. Constituye un excelente medio para articular el saber con el hacer a través de la reflexión en la acción.

Palabras Claves: dispositivo pedagógico, juegos serios, aprendizaje activo

ABSTRACT

Teaching implies the selection or creation of pedagogical devices. For this reason, in the present work that is part of a larger research, we have tried to design and develop didactic strategies using serious games in the field of Industrial Engineering. The design is described as a teaching device that promotes active learning, enhancing motivation, communication and interrelation among participants, favoring development by competencies. The same is applicable to Engineering or related careers that include in their curricular design a production process and different techniques of process improvement (5 s, leveling of production, *Kanban*, etc.). The previous results and the design process as its development allow to deduce that the gamification favors the participation of the student, enhancing the motivation, the commitment to the learning and the development of competences. The teacher collaborates in tutoring and training in the teaching-learning process. Using a game in a teaching context can be considered as a complementary tool that contributes to active learning, links with previous knowledge and experiences with new content, promoting meaningful learning. It is an excellent way to articulate knowledge with doing through reflection in action.

Keywords: serious games, pedagogical devices active learning

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se enmarca dentro de una investigación más amplia que actualmente está en desarrollo con sede en la UNR - Facultad de Ciencias Exactas Ingeniería y Agrimensura, conjuntamente con integrantes de la UTN - Facultad Regional San Nicolás, denominado "Diseño y Desarrollo de estrategias didácticas utilizando juegos serios en el ámbito de la Ingeniería Industrial".

Hasta el momento, el grupo de investigadores ha realizado diversas acciones de documentación y análisis, conceptualizando sobre gamificación, aprendizaje significativo, y profundizando en el conocimiento de diversas propuestas y experiencias de juegos serios desplegadas en otras universidades, empresas y entidades educativas.

1.1 Marco teórico

Las transformaciones permanentes en el mundo del trabajo, los cambios en los procesos de gestión de la información y del conocimiento, así como la forma de conocer e investigar en nuestra sociedad dan pautas de nuevas necesidades formativas en el aula y en la universidad.

Tanto la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CoNEAU) [1] como el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI) [2] manifiestan que resulta necesaria una revisión general de la enseñanza de la Ingeniería para adecuar la misma a los avances científicos, tecnológicos y los cambios en los esquemas económicos, productivos y sociales, ocurridos en los últimos años en nuestro país y en el mundo.

En los últimos años el uso de actividades lúdicas como herramientas o recursos para favorecer incorporaciones en los procesos de aprendizaje parecen ser un campo fértil, potencial favorecedor de la articulación entre el saber con el hacer a través de una estrategia didáctica metodológica que permita la reflexión en la acción.

Según Sánchez Gómez [3] los juegos serios o *serious games* son objetos y/o herramientas de aprendizaje que poseen en sí mismos, y en su uso, objetivos pedagógicos, didácticos, que posibilitan a los participantes / jugadores a obtener un conjunto de conocimientos y competencias predominantemente prácticos.

Blackman [4] realiza una sinopsis de los juegos en la industria y en sus aplicaciones. Así, estos juegos se pueden emplear para cumplir objetivos formativos en áreas como defensa, educación, exploración científica, sanidad, política pública, comunicación estratégica, gestión de emergencias, planificación urbana, ingeniería, religión, política, etc.

De este modo, por ejemplo se podrían emplear juegos para aplicaciones que favorezcan el incremento de la habilidad de resolución de problemas, la simulación de situaciones de escenarios reales, el fomento de la colaboración, etc.

Con relación al uso en educación se puede mencionar en el ámbito universitario en España, el estudio y exposición de resultados del uso didáctico de los Serious Games. Allí se destacan el proyecto Aprende y Juega con EA, coordinado desde la Universidad de Alcalá y la UNED en colaboración con Electronic Arts; el Máster Universitario en Creación, Diseño e Ingeniería Multimedia de la Universitat Ramon Llull; el grupo F9 de la Universidad de Barcelona; Grupo Joven TIC de la Universitat Oberta de Catalunya. También se destacan instituciones como Futurelab, GaLA (Games and Learning Alliance), SGI (*Serious Games Institute*), el proyecto Europeo SimAULA, para la creación de escenarios de aprendizaje vía simulaciones; las plataformas *Learning Spaces* y E-kampus de 3Dsoft de formación para la educación inmersiva, y empleadas por varias instituciones educativas y universidades en Colombia; o el trabajo de Muratet et al. [5] que presenta un estudio en torno a un *Serious Game* para la adquisición de conocimientos de programación. Varios de estos antecedentes se desarrollan en la incorporación de juegos serios, en su forma de video juegos, pero como casos particulares trabajados en la Ingeniería Industrial podemos mencionar los antecedentes del grupo en la Enseñanza de la Investigación de Operaciones (GEIO) de la Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingeniería industrial en Colombia, que cuenta con una Red Nacional de Investigación llamada red IDDEAL (Red de Investigación Desarrollo y Divulgación de los procesos de enseñanza a través de la Lúdica aplicada), en donde veintitrés grupos de investigación (eslabones) han sido formados con esta metodología y han generado más proyectos de investigación en las áreas correspondientes a la Ingeniería Industrial. Cuenta con desarrollos en las líneas de Administración, Sistemas Dinámicos, *Supply Chain*, *Job Shop*, *Flow Shop*, Aleatoriedad, Producción Básica, Lean Manufacturing, Antropología Industrial, Optimización, Gestión ambiental y finanzas [6,7].

En nuestro país es escaso el uso de juegos en el ámbito universitario, pero se están comenzando a incorporar paulatinamente en algunas disciplinas.

En la búsqueda de profundizar en el conocimiento de propuestas de juegos serios desplegadas en las universidades, empresas y entidades, como instancias preliminares del proyecto se desarrollaron dos

experiencias de talleres lúdicos enseñando el tema “Nivelación de la Producción” en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario (UNR-FCEIA). A partir de sus resultados, se realizaron estudios descriptivos y se profundizó el análisis (en uno de ellos) con herramientas estadísticas multivariantes exploratorias. Todos estos antecedentes constituyeron datos de entrada para continuar el diseño de juegos en el marco del proyecto “Diseño y Desarrollo de estrategias didácticas utilizando juegos serios en el ámbito de la Ingeniería Industrial”.

1.2 Objetivos y Alcance

El objetivo del trabajo es desarrollar un dispositivo de enseñanza de una temática específica de ingeniería industrial que promueva el aprendizaje activo, potenciando la motivación, la comunicación y la interrelación entre los participantes, favoreciendo el desarrollo por competencias. Se describe un diseño lúdico aplicable a Ingenierías o carreras afines que incluyan en su diseño curricular un proceso productivo y distintas técnicas de mejora de procesos (5 s, nivelación de la producción, *Kanban*, etc.). Asimismo el juego puede replicarse en formación y capacitación a organizaciones diversas y en distintos escenarios.

La enseñanza supone la selección o creación de dispositivos pedagógicos. Marta Souto [8]. define al dispositivo como un artificio instrumental, compuesto por personas, una institución que convoca, reglas que aseguran y garantizan el funcionamiento, un arreglo de tiempos y espacios, de personas, acuerdos teóricos y técnicos, encuadres, condiciones de funcionamiento y operación, pensado como estrategia cambiante, flexible con relación a la situación en la que se lo pone en práctica. Susana Marchisio [9].

1.3 Diseño de un dispositivo lúdico de aprendizaje.

El proceso de creación de los *serious games* se divide en tres etapas: etapa 1) análisis contextual y planificación del juego, etapa 2) dinámica y etapa 3) evaluación. Estas tres etapas están esquematizadas en la “Guía para el diseño de un escenario de aprendizaje basado en juegos” que se presenta en la tabla 1. A continuación se describe una breve síntesis de su contenido.

Etapla 1: Contexto y planificación del juego.

Se deben describir el objetivo de la lúdica y a quien va dirigido. Además, las competencias y habilidades que se pretenden promover, una descripción detallada del juego, los requisitos previos necesarios y los recursos para su implementación.

Etapla 2: Desarrollar la dinámica e instructivo

Significa elaborar el instructivo del juego y sus características metodológicas. Analizando debidamente los tiempos aproximados de realización. Pueden incorporarse esquemas, planos o figuras ilustrativas. En esta etapa es fundamental articular la dinámica de la lúdica con la teoría, para dinamizar el aprendizaje buscando un anclaje del conocimiento en el alumno.

Etapla 3: Definir los instrumentos de medición

Es conveniente proponer una evaluación desde el punto de vista formativo (que puede consistir en el diseño un examen o evaluación) y un instrumento para la recolección de la opinión de los participantes. La encuesta de opinión se utiliza para conocer como es percibido el juego por los participantes de modo que la misma pueda utilizarse como retroalimentación y mejora para futuras réplicas.

Finalmente, es necesario realizar la validación de la lúdica, realizando una prueba piloto para poder ajustar los detalles susceptibles de mejora. Esto se denomina comúnmente prueba piloto de diseño (primera corrida).

1.4 Propuesta de aplicación del diseño

La propuesta lúdica que se describe está siendo desarrollada por un grupo de docentes y alumnos integrantes del proyecto de investigación. El desafío para el grupo fue pensar una temática aplicable a la ingeniería industrial, que permita sumar distintas alternativas y propuestas de enseñanza en una misma lúdica particularmente en temáticas afines a planificación y control de la producción y calidad, para trabajar de manera lúdica conceptos que pueden ser dificultosos de asimilar particularmente si el alumno no está vinculado a una práctica profesional o laboral. La propuesta elegida es un juego serio vinculado al ensamble de piezas. Se ha trabajado particularmente en el contenido temático *Kanban* para efectuar el diseño piloto y las pruebas respectivas.

Se pensó en un modelo de juguete en el cual se tendrían en cuenta la factibilidad de uso, aplicación y los costos asociados. A partir de las ventajas y desventajas de cada modelo y luego de distintos

prototipos desarrollados por el grupo de alumnos y docentes, se escogió un modelo de tractor de madera que fue consensuado para su elaboración.

Posteriormente se elaboró la carcaza y sus respectivas partes para el armado de un *tractor* de madera separado en componentes (materia prima del proceso a estudiar) que consistía de: varillas de madera, ruedas (dos grandes y dos pequeñas), carrocería y stickers (ventanas). El diseño del tractor de madera sigue un proceso de elaboración del producto con una secuencia de operaciones determinadas que pueden verse en la figura 1.

El Instructivo del juego

El objetivo del juego es enseñar el sistema Kanban mediante la participación activa del alumno en un taller lúdico. Kanban es una palabra japonesa que significa señal y se usa para identificar unas tarjetas que van unidas a los productos. Cuando un cliente interno o externo retira un producto de su lugar de almacenaje el Kanban da la señal de fabricar uno nuevo. En las plantas productivas estas tarjetas permiten coordinar las cargas de trabajo y los requerimientos entre los diferentes procesos.

En esta aplicación se simula un proceso productivo de fabricación de un número definido de tractores compuesto por cinco (5) operaciones y un número de personas encargadas del suministro de materias primas a través del sistema Kanban. Se utilizarán tarjetas de producción y de transporte (figura 2).

Los elementos necesarios para la realización del tractor de madera son

- Carrocerías de tractor de diversos colores
- Ruedas
- Ejes/varillas
- Stickers

Se diseñó el instructivo de la lúdica que se entregará a los participantes que jugarán para su desarrollo.

Brevemente, se puede describir la mecánica del mismo:

Un participante simulará la demanda del producto (tractor) realizado al azar a través de arrojar un dado. Con la tarjeta correspondiente le solicitará el producto a ensamble. La persona ubicada en este puesto al entregar el producto y al ver reducir su stock mínimo pasará las tarjetas de producción correspondiente a los puestos anteriores, pegado y armado de ruedas y eje, los cuales le suministran las partes pedidas y ensamble repondrá su stock mínimo. Estas dos estaciones verán reducir sus existencias y realizarán lo mismo con sus puestos anteriores y así sucesivamente

Asimismo desde las corridas y pruebas piloto desarrolladas se ha podido ajustar múltiples detalles para favorecer el uso posterior definitivo.

Los docentes elaboraron un instrumento de medición modelo para evaluar la opinión del participante que ya ha sido utilizado en instancias y pruebas de otras experiencias lúdicas (tabla 2).

2. ECUACIONES, FIGURAS Y TABLAS.

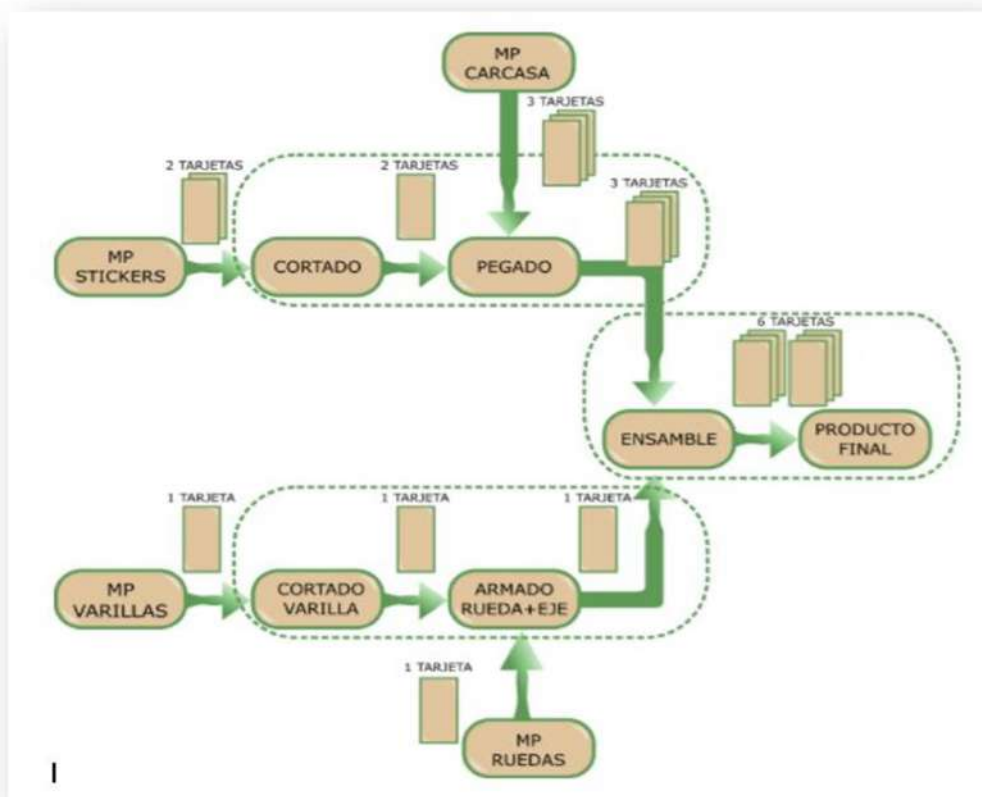


Figura 1 Diagrama de flujo de operaciones

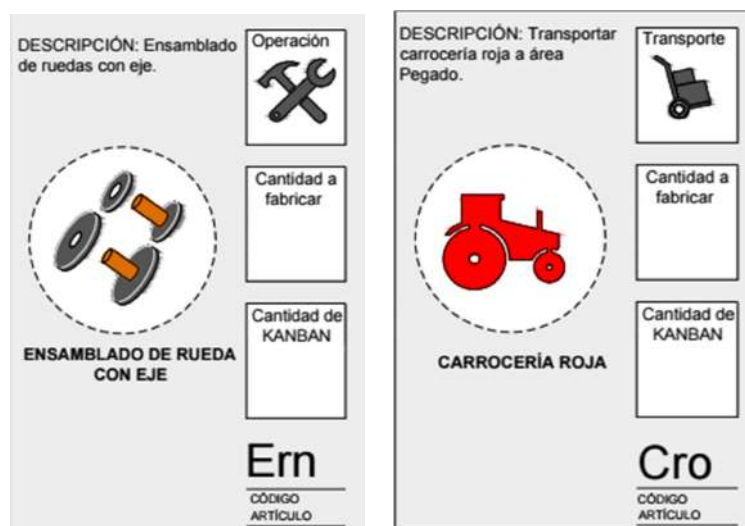


Figura 2 Ejemplo de tarjetas de Operación y transporte

Tabla 1: *Guía para el diseño de un escenario de aprendizaje basado en juegos* [10]

GUIA PARA EL DISEÑO DE JUEGOS SERIOS	
Título:	
A quién voy enseñar :	
¿Qué quiero enseñar? Indicar Tema y habilidades	
Objetivos:	
¿Cómo quiero enseñar? (Indicar una o varias) Adquisición/Imitación/ Descubrimiento/Participación/ Experimentación	
Descripción del juego:	
¿Cómo lo voy a evaluar?	
Requisitos previos de los alumnos:	
¿Qué se necesita para implementarlo? Recursos/Entorno	

Tabla 2 Cuestionario modelo y propuesta de las variables analizadas

Variable	Pregunta
P1	Antes de comenzar este taller, ¿qué nivel de conocimiento tenía sobre “nivelación de la producción”?
P2	¿Considera que el juego en el que acaba de participar aumentó el nivel de conocimiento que tenía sobre “nivelación de la producción”?
P3	¿Qué tan útil le parece que es un juego para incorporar conocimientos de un tema específico?
P4	Las instrucciones del juego dadas al inicio de la actividad, ¿le resultaron claras y comprensibles?
P5	¿Cómo considera que fue la interacción con los otros participantes de su equipo?
P6	A partir de los datos estadísticos relevados, ¿cómo le resultó la interpretación de los mismos?
P7	El equipo, ¿llegó a las conclusiones esperadas indicadas por el instructor?
	En caso que no haya llegado a las conclusiones esperadas, indique el motivo.
	En cada uno de los puntos siguientes marque el número que más se aproxime a la valoración que usted realiza del juego en el que acaba de participar
P8.1	Dinámico 5----4----3----2----1 Lento
P8.2	Divertido 5----4----3----2----1 Tedioso
P8.3	Simple 5----4----3----2----1 Complejo
EDAD	Menos de 20 años ☐ Entre 20 y 34 años ☐ Entre 35 y 50 años ☐ Más de 51 años ☐
Comentarios	

3. CONCLUSIONES.

Los resultados previos y el proceso de diseño como su desarrollo permiten deducir que la gamificación favorece la participación del alumno potenciando la motivación, el compromiso con el aprendizaje y el desarrollo de competencias. El docente colabora en tutoría y formación en el proceso enseñanza-aprendizaje.

La gamificación en la enseñanza manifiesta el potencial de transformar el aprendizaje revisando los contenidos tradicionales desde ópticas renovadoras. Utilizar un juego en un contexto de enseñanza puede considerarse como una herramienta complementaria que aporta al aprendizaje activo, enlaza con conocimientos y experiencias previas con nuevos contenidos, promoviendo el aprendizaje significativo. Constituye un excelente medio para articular el saber con el hacer a través de la reflexión en la acción.

La lúdica diseñada cumple con los objetivos definidos por distintos autores para la aplicación y desarrollo de juegos serios para enseñar un contenido específico. Para el diseño de juegos serios es recomendable enfatizar en la variables que definen la planificación (datos de entrada) y la validación (datos de salida) del juego. Por otra parte, un desarrollo de un dispositivo lúdico participativo y por consenso, en donde el equipo de planificadores interactúan en el diseño y en el proceso de elaboración, así como en la validación brindando las recomendaciones y sugerencias a partir de la prueba piloto.

Se rescata como experiencia en lúdicas aplicables a procesos productivos (nivelación de la producción, kanban, etc.) la necesidad de mostrar, evidenciar y enfatizar en la lúdica cuestiones y aspectos relacionados con el tema a enseñar de modo absolutamente explícito (ej. acumulación de stock y stocks inmovilizados, ventas perdidas, etc.). Esto que se ha resaltado junto con la asociación a la experiencia lúdica y a la vivencia por parte del participante, en general, trae como consecuencia una mejor comprensión de la temática.

El diseño colaborativo de un juego, cobra un rol fundamental. Por un lado con el aporte de los docentes, que conocen cuáles son los puntos con más dificultades de aprehensión por parte de los alumnos y las estrategias para abordar las temáticas, y por el otro con el aporte de los alumnos

integrantes del proyecto que pueden testear el diseño elaborado observando si el mismo resultó simple, complejo y/o entretenido. De este modo confluyen en elaborar un dispositivo lúdico brindando contribuciones, ideas y prácticas para favorecer el equilibrio entre creatividad, dinámica del juego y contribución a enseñar un conocimiento específico.

4. REFERENCIAS.

- [1] CONEAU 2001, Aportes para la reformulación de la propuesta del CONFEDI.doc. de Trabajo.
- [2] CONFEDI 2005, Proyecto estratégico para la reforma curricular de las Ingenierías StaFe.
- [3] Sanchez Gomez M. 2007 *Buenas Prácticas en la Creación de Serious Games (Objetos de Aprendizaje Reutilizables)* V Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Educativos Reutilizables, Bilbao España.
- [4] Blackman, 2005 "Serious games...and less!". Computer Graphics, vol.39, no.1, pp.12–16.
- [5] Muratet, P.Torguet, J.Jessel, & F. Viallet, 2008 "*Towards a Serious Game to Help Students Learn*". Computer Programming. Hindawi Publishing Corporation. International Journal of Computer Games Technology. Article ID 470590, 12 pages.
- [6] Zuluaga Ramirez C. Aguirre A. 2014, *Actividades prácticas del grupo GEIO automatizadas en la Celda Manufactura Flexible* Colombia, SSN: 1900-3803, 2014 vol:10 fasc: 1 págs: 340 – 352
- [7] Zuluaga Ramirez C. Mejia Ospina L., Arenas Valencia W., 2011 *Escenario lúdico en el salón de clases para enseñar la Técnica de Investigación Operativa AHP* Colombia, Scientia Et Technica ISSN: 0122-1701, vol:XVI fasc: N/A págs: 53 – 58.
- [8] Souto Marta y otros, 1989 *Grupos y dispositivos de formación* Buenos Aires- Editorial Facultad de Filosofía y Letras Novedades Educativas
- [9] Marchisio Susana, 2003. *Tecnología Educación y nuevos ambientes de aprendizaje una revisión del campo y derivaciones para la capacitación docente* Revista RUEDA 5 pag 10-19.
- [10] Fomentando la Creatividad: Creación de Escenarios de Aprendizaje Basados en Juegos, pag 25- www.ub.edu/euelearning/proactive/documents/handbook_creative_gbl_es.pdf consultado 23-08-2107

Evaluación y rendimiento Académico

Pastorelli Sonia Pompeya; Ambrosini, Marcela Susana; Gimenez Uribe, Alfonso Cesar; Casco, Eva Silvana

*UTN Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional.
Lavaisse 610 , Santa Fe. spastorelli@frsf.utn.edu.ar*

RESUMEN.

La evaluación, como parte del proceso de enseñanza y aprendizaje ha tomado gran relevancia en los últimos años. Si bien persiste el sistema tradicional como medida de habilidades y/o conocimientos adquiridos por los alumnos, se avanza en un nuevo sentido bajo una visión basada en la evaluación formativa.

Durante el 2016 diseñamos una investigación en la que nos proponemos trabajar en identificar y describir los distintos modos de evaluación utilizados en nuestra Facultad, para luego establecer su incidencia en el rendimiento académico de los alumnos durante los últimos años en la institución en la que trabajamos.

Pretendemos aportar nuevos conocimientos sobre la incidencia de las prácticas de evaluación en el rendimiento académico en los procesos de enseñanza-aprendizaje, contribuyendo con propuestas a ser consideradas por la gestión en el marco de una mejora continua.

Con la entrada en vigencia de un nuevo Reglamento de Estudio que introdujo la obligatoriedad de la evaluación continua se consideró relevar el antes y el después de los modos de evaluación, la incidencia en el rendimiento académico y la percepción de los estudiantes y docentes sobre el tipo obligatorio de evaluación. Para ello se compararon las planificaciones con la finalidad de detectar los cambios resultantes de la aplicación de la nueva normativa, tanto en momentos como en instrumentos de evaluación del proceso educativo. Una vez finalizado el cuatrimestre se realizaron entrevistas docentes y encuestas a alumnos con el fin de retratar la percepción de actores involucrados.

Del análisis de las planificaciones se desprende que los cambios han sido contemplados. Las entrevistas indican que el camino hacia la evaluación continua se está transitando, aunque para cumplir con los objetivos se necesitará de demarcaciones y mejoras en su traza.

Palabras Claves: Enseñanza – Aprendizaje - Evaluación – Rendimiento Académico.

ABSTRACT

Evaluation, as part of the teaching and learning process, has become very important in recent years. While the traditional system persists as a measure of skills and / or knowledge acquired by students, progress is made in a new direction under a vision based on formative evaluation.

During 2016 we designed an investigation in which we intend to work on identifying and describing the different modes of evaluation used in our College, and then establish their impact on the academic performance of students during the last years in the institution where we work.

We intend to contribute new knowledge about the incidence of evaluation practices in academic performance in the teaching-learning processes, contributing with proposals to be considered by management in the context of continuous improvement.

With the entry into force of a new study regulation that introduced the obligation of continuous assessment, we had the opportunity to highlight the before and after modes of evaluation, the impact on academic performance and the perception of students and teachers on the mandatory type of evaluation. In order to do so, we compared the schedules in order to detect the changes resulting from the application of the new regulations, both in moments and in instruments of evaluation of the educational process. At the end of the quarter, teacher interviews and student surveys were carried out in order to portray the perception of the actors involved.

From the analysis of the plans it is clear that the changes have been contemplated. Interviews indicate that the road to continuous assessment is moving, although to meet the objectives will require demarcations and improvements in its trajectory.

1. INTRODUCCIÓN

El aprendizaje se da en un contexto social complejo que requiere que el estudiante cuente con un conjunto de aptitudes intelectuales, que se desarrollan paralelamente junto a las competencias sociales, afectivas y actitudinales que, si bien se manifiestan en momentos diferentes, determinan en alguna medida el accionar del estudiante en el contexto.

La evaluación es el punto neurálgico de la relación educativa. Pues es un proceso que pone en evidencia aspectos relacionados con las características y los procesos de la institución, los proyectos, la gestión, las propuestas curriculares, los docentes, los alumnos, etc. Constituye una actividad de comunicación, ya que implica la producción de conocimiento y su transmisión entre los diferentes actores.

El proceso está constituido por una serie de actividades con una secuencia lógica, cronológica y que en ocasiones no es lineal. Entre las actividades podemos destacar el relevamiento de información, el análisis de los datos, la producción de conclusiones, la comunicación entre los actores, la toma de decisiones para la intervención.

Fanfani [1] expresa que los resultados de la evaluación tienen repercusión no solo en el campo educativo sino también en el social: repercuten en el sujeto evaluado y en su entorno inmediato. La evaluación por su naturaleza (estructuralmente arbitraria) y función (acreditación, asignación de premios y castigos, clasificación y jerarquización de los alumnos, etc.) tiene implicaciones fuertemente conflictivas – y no solo con los alumnos-.

La asignación de puntajes a los trabajos realizados por los alumnos atribuye realidades inexistentes agrupándolos, rotulándolos y marcándolos como “buenos alumnos” y “malos alumnos”, con el riesgo de anticipar su destino académico y con ello su futuro valor en la sociedad.

Se necesita orientar la mirada hacia la realidad generando indicadores que permitan dar cuenta del estado del objeto con relación a un referente, relacionándolo con un perfil previamente establecido o no, construyendo el referente apropiado es decir, comprendiendo no juzgando. Comprendiendo sus maneras de resolver las situaciones planteadas, considerando como indicadores de problemas a descifrar a los errores sin descuidar que el contexto ocupa un rol fundamental. Se debe reconocer la importancia de evaluar simple y naturalmente en los momentos adecuados, utilizando múltiples medidas que favorezcan la expresión de diferentes modos de representación y con materiales interesantes, motivadores y sensibles a las posibles diferencias individuales.

Los docentes deben tener en claro el tipo de evaluación y el uso de la misma: diagnóstica (los resultados son insumos para la toma de decisiones), sumativa (los resultados certifican la medida en que han adquirido conocimientos y competencias) o formativa (los resultados permiten fundamentar las decisiones pedagógicas adecuadas).

Es muy significativo el uso de la evaluación formativa utilizando como suministro la diagnóstica pues permite recoger información relativa a los progresos y dificultades de aprendizaje del estudiante, interpretar estas informaciones y adaptar las actividades de enseñanza y de aprendizaje. Contribuye, además, a desarrollar la metacognición en el alumno, aumentando su capacidad para pensar y reflexionar acerca de su aprendizaje, definir objetivos, monitorear su comprensión y regular por sí mismo la actividad.

Por ello, según Bertoni [2], tanto el “por qué” se evalúa (intenciones) como el “para qué” se evalúa (uso de los resultados) determinan el tipo de evaluación empleada. Por otra parte, según la forma que adopte la evaluación, los resultados permitirán tomar decisiones de orden estrictamente pedagógicos (como es el caso de la evaluación diagnóstica o formativa) o decisiones vinculadas a la certificación, la acreditación o a políticas educativas orientadas hacia el sistema (como en el caso de la evaluación sumativa).

La evaluación *no es, ni puede ser*, un apéndice de la enseñanza ni del aprendizaje; es parte de la enseñanza y del aprendizaje. En la medida en que un sujeto aprende simultáneamente discrimina, evalúa, valora, critica, razona, fundamenta y opta. La evaluación no consiste en una actuación puntual, aplicada en algún momento del proceso de enseñanza y aprendizaje, sino que debe constituir un proceso constante a lo largo del aprendizaje, que es preciso planificar adecuadamente. El aprendizaje se da en un contexto social complejo que requiere que el estudiante cuente con un conjunto de aptitudes intelectuales, que se desarrollan paralelamente junto a las competencias sociales, afectivas y actitudinales que, si bien se manifiestan en momentos diferentes, determinan en alguna medida el accionar en el contexto.

Resulta significativo realizar aportes desde, por lo menos las dimensiones que atraviesan la evaluación: ética, política, epistemológica y didáctica.

Se habla de dimensión ético-política porque en ella se encuentran los fundamentos y argumentos que permiten sostener la finalidad de nuestras prácticas de evaluación: ¿para qué evaluamos?, ¿cuáles son los principios, argumentos, valores, ideas que sostienen nuestras prácticas de enseñanza y en particular las de evaluación? Esta mirada se requiere no sólo sobre las prácticas de enseñanza y evaluación sino también sobre los distintos sujetos que se incluyen dentro de la misma. Se menciona la dimensión epistemológica porque es la que permite reflexionar sobre las características conceptuales que sustentan nuestras prácticas de evaluación, ¿qué evaluamos?, ¿cuáles son los rasgos de los conocimientos que generamos?, ¿cómo se construyen?, ¿cuáles son

sus relaciones?, ¿a qué construcciones nuevas habilitan?, ¿qué relación guardan con lo “enseñado”?, ¿cómo se comprende y gestiona el conocimiento?

La dimensión didáctica permite repensar nuestros modos de evaluación, para que ellos no sólo formen parte del proceso de enseñanza sino que guarden coherencia con el mismo y, fundamentalmente, con los perfiles profesionales de las carreras en las que se trabaja: ¿cómo evaluamos?, ¿cuáles son los métodos?, ¿cuáles los instrumentos?

Como la evaluación es parte esencial del proceso de enseñanza y los resultados de aprendizaje, Brown y Glasner [3] lo definen como parte integral del aprendizaje, como un proceso dinámico que se desarrolla y se transforma según surge la necesidad y según mejora la comprensión del proceso. Es importante notar que toda actividad evaluativa significa una valoración y que, por lo tanto, debe ser comprendida como una aproximación a la realidad. Esta salvedad inicial se realiza como “llamada de atención” para evitar, desde un primer momento, tanto posturas escépticas como dogmáticas en torno a ella.

Estas posiciones son las más frecuentes en el ámbito académico y quizás sean tanto una como otra las que más deterioran el sistema educativo. La evaluación es un proceso complejo, que *no puede quedar restringido al producto final* de aprendizaje o al examen, sino que se extiende al contexto y a las condiciones en que se producen los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Según Celman y Rafaghelli [4] en el campo de la evaluación, la construcción de propuestas evaluativas *tiene o debería tener* una íntima relación con un contexto mayor, el cual le otorga, en gran parte, su significación educativa. En dicho contexto intervienen consideraciones y finalidades éticas, políticas y pedagógicas, opciones disciplinares teórico-metodológicas, contextos institucionales, características y circunstancias particulares de los grupos de estudiantes, los docentes que integran el equipo de cátedra, etc. En un modelo de enseñanza aprendizaje es necesario repensar los enfoques de evaluación que sean parte y guarden coherencia con los procesos y los resultados de aprendizaje.

2. EL PROYECTO

La Universidad Tecnológica Nacional (UTN) se aboca desde el año 2014 al proceso de reformulación de la oferta académica lo que implica una revisión de procesos de evaluación incluidos en la enseñanza y los resultados de aprendizaje. Desde la Facultad Regional Santa Fe (FRSF), y con el propósito de colaborar con dicha reformulación un grupo de docentes definimos el proyecto de investigación y desarrollo “Evaluación y Rendimiento Académico durante la Formación del Ingeniero en la UTN FRSF”, el que se focaliza en el estudio de las instancias e instrumentos de evaluación y su impacto en el proceso de enseñanza aprendizaje. Se trata de un proyecto de Investigación Educativa aplicado a un estudio de caso (las carreras de Ingeniería de la UTN FRSF) cuyo resultado se orienta a brindar elementos que aporten a la mejora de la evaluación como parte integrante del proceso de enseñanza-aprendizaje.

El objetivo general de proyecto es identificar y describir los distintos modos de evaluación y establecer su incidencia en el rendimiento académico de los alumnos de todas las ingenierías de la UTN-FRSF desde al año académico 2012. Particularmente interesa

- establecer analogías y diferencias en instancias e instrumentos de evaluación entre grupos asignaturas afines;
- analizar el criterio de evaluación incluyendo condiciones de regularidad y los indicadores que lo operativizan en asignaturas por áreas;
- detectar las debilidades y fortalezas de las relaciones establecidas entre los instrumentos y el rendimiento académico;
- verificar los modos de evaluación por área que se evidencian con los criterios e instrumentos aplicados;
- indagar la percepción del alumnado y de los docentes sobre la importancia de la evaluación en el proceso de enseñanza aprendizaje;
- realizar aportes desde las distintas dimensiones de la evaluación como propuesta a considerar por la gestión.

El interés de los participantes del grupo del proyecto no es ajeno al de toda la comunidad de la UTN. En los últimos años (previo a la redacción del proyecto mencionado) se comienza a pensar en la reforma del Reglamento de Estudios [5]. Se debate para ello entre otros temas la evaluación, el rendimiento académico y el nivel de aprobación por ser uno de los grandes intereses y desafíos de la educación superior; entendiendo por rendimiento académico a la medida de las capacidades del alumno que expresa lo que ha aprendido a lo largo del proceso formativo. Entre otras cosas se pone en tensión lo referido a evaluaciones y sus diferentes modalidades. El entonces proyecto de ordenanza hoy es normativa aprobada, es el nuevo Reglamento de Estudios de las carreras de grado de la UTN [6]. Ésta introdujo sustantivas modificaciones, entre ellas la *obligatoriedad* de la evaluación continua. Esta realidad, que a priori pudo interpretarse como una dificultad para llevar adelante el estudio planificado, se convierte en una oportunidad para relevar y el antes y el después

de los modos de evaluación, de la incidencia en el rendimiento académico y de la percepción de los estudiantes y docentes sobre la utilidad de la ordenanza.

3. METODOLOGÍA

El proyecto de investigación mencionado bajo el cual se inscribe este trabajo es aplicado, tratándose de un estudio de caso: carreras de Ingeniería de la UTN-FRSF.

Para la realización del trabajo de campo del proyecto, la población bajo análisis prevista es la comunidad educativa de la UTN-FRSF y la muestra, no probabilística por conveniencia.

Los instrumentos de recolección de datos para procesamiento son las planificaciones realizadas por los docentes, datos del Departamento Alumnado, cuestionarios y encuestas. Para indagar sobre las percepciones se planificó realizar entrevistas semiestructuradas y estructuradas a docentes y alumnos, seleccionados con el criterio muestral referido ut supra.

La metodología a utilizar durante el desarrollo del proyecto será preferentemente cualitativa: estudio de instancias, instrumentos y criterios contemplados en las planificaciones que pueden dar lugar a categorías conceptuales. En cuanto a los indicadores que operativizan los criterios de evaluación, se planificó una metodología tanto cualitativa como cuantitativa con utilización de escala numérica. Se pretende que en nivel de investigación será descriptivo ya que se trabaja con información primaria para caracterizar a las variables estudiadas. Se procura aplicar también un carácter relacional para establecer la incidencia con indicadores cualitativos.

Como se mencionó en el apartado anterior se registró un cambio en el reglamento de estudio que introdujo la obligatoriedad de la evaluación continua, lo cual hizo que el grupo de tareas deba readecuar las tareas. Constituyó la oportunidad para relevar el antes y el después de los modos de evaluación (suponiendo que hayan existido cambios), de la incidencia en el rendimiento académico y de la percepción de los estudiantes y docentes sobre la utilidad de la Ordenanza en lo referido a la forma de evaluación.

En este trabajo se reportan los resultados obtenidos al comparar planificaciones, entrevista a directores de áreas y encuestas a los alumnos.

4. Analisis de los resultados

4.1 Análisis de las planificaciones.

Para detectar los cambios resultantes de la aplicación de la nueva normativa, tanto en momentos como en instrumentos de evaluación del proceso educativo, se relevaron las planificaciones presentadas por los docentes y aprobadas por el Consejo Departamental. Se compararon las planificaciones del 2012 al 2016 versus las del 2017. El abordaje del relevamiento se inició con la definición de un criterio para agrupar las asignaturas que conforman el Departamento bajo análisis: Materias Básicas.

Tabla 1: *Criterio de agrupamiento Asignaturas Departamento Materias Básicas*

UDB o Área	ASIGNATURA
Matemática:	
	Álgebra y Geometría Analítica (AGA)
	Análisis Matemático I (AM I)
	Análisis Matemático II (AM II)
	Probabilidad y Estadística (PyE)
Física:	
	Física I (F I)
	Física II (F II)
Química:	
	Química (Q)
	Química General (QG)
Sociales:	
	Ingeniería y Sociedad (IyS)
	Legislación
	Economía General
	Economía
Área Idiomas:	
	Inglés I
	Inglés II

En tal sentido se consideró la pertenencia de la materia a la Unidad Docente Básica (UDB) tal como se muestra en la Tabla 1 con la excepción de Inglés que, en sus diferentes niveles, se concentró en el Área Idiomas.

Esta actividad, realizada bajo la modalidad transversal, puso de manifiesto diferencias en momentos e instrumentos de evaluación, a prima facie, en sintonía con la evaluación continua. La Tabla 2 refleja los principales contrastes.

Tabla 2: *Diferencias detectadas en Planificaciones de las Asignaturas Departamento Materias Básicas*

UDB o Área	MOMENTOS	INSTRUMENTOS
MATEMÁTICA	Especifican claramente que es continua nombrando elementos que lo hacen posible (autoevaluaciones, evaluaciones entre pares, coloquios, etc.)	A los trabajos prácticos y parciales, agregan: • instancias grupales integradoras • evaluaciones de seguimiento • trabajos de laboratorio
FÍSICA	Incorpora actividades de seguimiento para detectar fortalezas y debilidades	Incorpora evaluaciones de seguimiento y se mencionan trabajos prácticos.
QUÍMICA	Incorpora evaluación diagnóstica. Destaca específicamente la evaluación formativa y mantiene la evaluación sumativa.	Incorpora nuevos instrumentos: • coloquios • actividades complementarias no presenciales, etc.
SOCIALES	Incorpora evaluación inicial y diagnóstica. Destaca específicamente la evaluación formativa nombrando elementos para concretarla (planteamiento de situaciones y debates, exposiciones, identificación de hechos, etc.)	En algunos casos aparecen trabajos prácticos, no contemplados con anterioridad. Actividades específicas a desarrollarse durante las clases.
IDIOMAS	Incorpora evaluación diagnóstica. Agrega actividades de escucha y redacción	Incorpora trabajos prácticos. Añade instancias semanales de escucha.

En lo que respecta a las condiciones requeridas para que los alumnos obtengan la condición de aprobación de cursada (regularidad) o la promoción por aprobación directa, presentan criterios que reflejan particularidades de cada una de las asignaturas, pero todas las planificaciones contemplan la modalidad de instancia sumativa con examen final para aquellos casos en que no se promueva por aprobación directa.

4.2 Entrevista a Directores de UDB/Áreas

Lo primero a destacar es que son pocos los cursos con cursada finalizada bajo esta nueva modalidad. La mayoría de las asignaturas de las carreras de la FRSF tienen cursado anual. Sin embargo, hay asignaturas cuatrimestrales (PyE para todas las carreras, Q perteneciente a Ingeniería en Sistemas de Información, AM II y F II de Ingeniería Eléctrica, por ejemplo). Además hay cursos para cursado voluntario de asignaturas que se dictan en forma cuatrimestral (AMI, AGA, AM II). En algunos casos los cursos se repiten en los dos cuatrimestres.

Con el ánimo de conocer la percepción de actores involucrados, se realizaron entrevistas a los Directores de las UDB/Áreas con el objetivo conocer la opinión de sus docentes. Se relevó la percepción de los profesores involucrados en los dictados de materias del primer cuatrimestre, una vez finalizado el mismo.

En una primera etapa, el equipo de trabajo pretendió recabar apreciaciones iniciales propias de todo cambio y el instrumento utilizado fue una encuesta que, estando dirigida a los Directores de las UDB y Área Idiomas, reflejara en términos generales, las opiniones de los docentes de las asignaturas bajo análisis.

En tal sentido, se preguntó respecto a las primeras reacciones de los profesores frente a los cambios en materia de evaluación contemplados en la Ordenanza 1549/17 del Consejo Superior [6].

No es el objetivo realizar transcripciones sino solamente volcar, a modo de resumen, los puntos de vista de los encuestados.

- En el área de Idiomas los cambios fueron aceptados por los docentes, ya que esta propuesta de evaluación no es distinta a la realizada con anterioridad. Los docentes destacan que este tipo de evaluación requiere mayor dedicación en tiempo y recursos tanto de educadores como de los estudiantes. En ciertos casos resulta contraproducente por la cantidad de materias que cursan sumadas a las que adeudan de niveles anteriores. Es positivo para los que deciden cursar menos materias pero quizás difícil para todos.

- En la UDB Física opinan que la evaluación continua exige un esfuerzo no solo de los alumnos para cumplimentarla sino también de los docentes por el tiempo que demandan correcciones o evaluaciones; no obstante la metodología que aplicaban con anterioridad tenía muchos aspectos similares.
- En la UDB Química, también destacan una mayor cantidad de trabajo por la cantidad de evaluaciones, informes, controles, trabajos prácticos, etc. a corregir en cursos de más de 50 alumnos. Sostienen que se optimizaría el rendimiento de los alumnos si los cursos tendrían una menor cantidad de alumnos.
- En la UDB de Ciencias Sociales las primeras reacciones estuvieron atravesadas por la incertidumbre para aplicar las modificaciones propuestas, los requisitos administrativos suelen empañar la función pedagógica. Las dudas, muchas veces hacen olvidar el espíritu del reglamento de estudio que pretende repensar prácticas de enseñanza y estrategias de aprendizaje, pero permiten reconocer que necesitamos seguir aprendiendo y construyendo juntos.
- Finalmente, en la UDB Matemática se sostiene que la promoción directa pudo ser aprovechada por los alumnos organizados y muy comprometidos con las actividades de aprendizaje, pero dejando fuera a los que cuentan con conocimientos previos escasos y/o menor cantidad de tiempo disponible para el estudio (por ejemplo los que trabajan). La tarea en cursos numerosos es difícil de realizar, se necesitan más recursos humanos. Es dificultoso incluir la evaluación completa en las semanas destinadas a la cursada. Por otro lado los 10 llamados a exámenes son inconsistentes con la evaluación continua. No obstante, en asignaturas del primer nivel, las coordinadoras encuentran a los alumnos motivados a estudiar diariamente. Docentes del segundo nivel en cambio, sostienen que no es “saludable” la convivencia de materias regulares con otras de promoción directa porque el observan que el alumno intenta aprobar materias sin poseer conocimientos previos.

Seguidamente se consultó sobre qué modificaciones del nuevo Reglamento aportan al proceso formativo:

- El Área Idiomas opina que las modificaciones influyen positivamente, por cuanto favorece al alumno que se esfuerza por llevar la materia al día y además posibilita detectar con anterioridad a los que requieren mayor apoyo. Se evidencia interés en los jóvenes por promocionar la materia ya que es menos tedioso que rendir el examen final.
- El director de la UDB Física considera que la promoción directa exige un seguimiento de los alumnos y su trabajo en clase para poder evaluarlos adecuadamente. Esto resulta beneficioso para detectar la evolución del aprendizaje, pero se torna dificultoso por la cantidad de alumnos y las instancias de evaluaciones planificadas. Opina que tal vez podrían aplicarse otras técnicas de evaluación, pero en esta primera etapa se optó por realizar cambios tendientes a la valoración continua de los aprendizajes, sin generar situaciones traumáticas por exceso de cambios.
- El director de la UDB Química aprecia que la evaluación continua propicia que los alumnos lleven la materia al día, obliga a estudiar a diario como respuesta a la exigencia del docente. Se observa una evolución positiva en el estudio de las asignaturas.
- El director de la UDB Ciencias Sociales considera que las modificaciones aportan al proceso formativo cuando conseguimos darle coherencia a la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación que es el nexo. El proceso educativo es personal, las evaluaciones no pueden ser masivas.
- La directora de la UDB Matemática expresa que las modificaciones no resultaron sustantivas, ya que, desde hace algunos años, en la UDB se incluyen actividades que propician la valoración continua de los aprendizajes. Todas las asignaturas del área proponían promoción parcial, entrega de trabajos prácticos, trabajos de laboratorios, etc., por lo que el mayor cambio fue dejar de lado la promoción parcial para incluir la promoción directa en el calendario de cursada. Sin dudas este punto es el mayor desafío a trabajar.

La tercera cuestión indagada refiere a los primeros resultados en cantidad de alumnos promocionados respecto a ciclos anteriores, obteniéndose como respuestas:

- Idiomas: sus cátedras son anuales, por lo que no se puede adelantar resultados absolutos hasta el momento, pero se observa una mejora en cantidad de alumnos que aprueban las evaluaciones parciales. Se advierte que los alumnos se esfuerzan para aprovechar la promoción directa y así ocupar las instancias finales para otras materias. No obstante aumentó la cantidad de alumnos que abandonan, al no lograr la aprobación de trabajos prácticos, con el ánimo de intentar el próximo año. Se detectan alumnos estresados en fechas de parciales porque coinciden los de varias materias.
- Física: no puede darse un resultado final porque la asignatura es anual, pero el primer parcial dio un 30% de aprobación, porcentaje algo menor a años anteriores.
- Química: durante el primer cuatrimestre el porcentaje de aprobados se incrementó en un 20% comparado con el año anterior.

- Sociales. Es una etapa de transición, difícil medir cuantitativamente resultados, pero que invita a buscar nuevas formas de pensar, construir conocimientos, estrategias de enseñanza y evaluación y acciones de aprendizaje.
- Matemática. Los resultados son dispar entre cátedras. En algunas asignaturas aumentó el número de alumnos promocionados, en otras disminuyó. En el segundo nivel los resultados fueron muy pobres; los alumnos atribuyen el bajo rendimiento a la cantidad de evaluaciones de otras asignaturas. En materias del tercer nivel los resultados fueron buenos, pero los docentes aclararon, que el cumplir con las fechas impuestas para la promoción directa, significó priorizar contenidos. Otro aspecto positivo mencionado es que las evaluaciones grupales mejoran la formación integral del estudiante. En términos generales, los docentes afirmaron que la Ordenanza es muy buena para los “estudiosos y organizados” aunque se advierte estudiantes “estresados” por la agenda de evaluaciones. La directora nota a los docentes demasiado preocupados en cumplir con el cronograma, pensando cambios y ajustes para el próximo año.

4.3 Encuestas a alumnos que están cursando

Se difundió a través de las páginas web de las cátedras cuatrimestrales del primer cuatrimestre (Cátedra Virtual) una encuesta anónima (figura 1). La misma se completa un formulario “on line”. Sólo estuvo al alcance de los alumnos que cursan alguna materia del primer cuatrimestre.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

"Evaluación y rendimiento académico durante la formación del ingeniero en la UTN FRSF"

***Obligatorio**

¿Conocés la nueva Ord. sobre el **Reglamento de Estudio** ? *

☐ SI (conozco sobre todos los aspectos que abarca)
☐ UN POCO (conozco algunos de los aspectos que abarca)
☐ NO (desconozco sobre el tema)

¿Considerás que el seguimiento y actividades a desarrollar durante el cursado facilita "llevar la materia al día"? *

☐ MUCHO ☐ NADA
☐ POCO ☐ AL CONTRARIO (me atraso más)

¿Cuáles son los cambios positivos respecto a la modalidad de cursado-evaluación anterior?

Tu respuesta

¿Cuáles son los cambios negativos respecto a la modalidad de cursado-evaluación anterior?

Tu respuesta

¿Qué cambios percibe en el abordaje de las clases por parte de los docentes? *

Tu respuesta

ENVIAR

Figura 1: Encuesta sobre el Reglamento de Estudio

Las respuestas obtenidas hasta el momento (aproximadamente el 10% del colectivo) reflejan que solo el 22,9% conoce la nueva Ordenanza y que la gran mayoría (un 74,3%) la domina solo parcialmente.

Las opiniones respecto a si el seguimiento durante el cursado posibilita “llevar la materia al día” se repartieron en un 40% “mucho”, un 31% “poco”, solo el 6% opina “nada”. Casi la cuarta parte de los estudiantes (23%) exterioriza que la normativa impide el propósito.

En cuanto a los cambios positivos, las opiniones se centran en un aprendizaje dinámico, en la posibilidad de promoción directa, en la mayor atención durante el cursado, en que los profesores se detienen más al detectar problemas en el desarrollo de un tema, etc.

En los aspectos negativos respecto al cambio reiteran la dificultad de poder llevar *todas* las materias al día, simultaneidad de fechas en evaluaciones y asistencia obligatoria, entre los cambios más destacados.

5. RESULTADOS.

De los análisis preliminares realizados sobre las planificaciones y percepciones de docentes y alumnos se desprenden las siguientes reflexiones:

- Los cambios que incorporaron las planificaciones presentadas contemplan criterios de formación continua, con diferencias en momentos, instrumentos e instancias evaluativas.
- Los profesores coinciden en un mayor esfuerzo de la labor docente, originado en cursos numerosos. La modalidad de evaluación continua presenta ventajas en cuanto al seguimiento de estudiantes, pero esto necesita de grupos de no más de 25 alumnos.
- Los docentes refieren dificultades al tener que ajustar el cronograma incluyendo todas las evaluaciones dentro de las semanas de cursada, quitando tiempo a la revisión de contenidos. Varios sugieren que se otorgue un plazo prudencial luego de finalizada la cursada para cumplimentar todos los objetivos.
- Un aspecto preocupante es el mayor grado de stress que evidencian los alumnos al enfrentar evaluaciones simultáneas en cortos períodos de tiempo.
- Un aspecto positivo (mencionado por estudiantes y docentes) es que permite al alumno que cursa pocas materias, mejorar la planificación de sus tiempos.
- Hay coincidencia entre la mirada del estudiante y la del docente de una mayor dedicación para el logro de los objetivos en el proceso de enseñanza y del aprendizaje.

6. CONCLUSIONES.

El fin perseguido por el nuevo Reglamento de Estudio en cuanto a propiciar la evaluación continua no se evidencia en las apreciaciones realizadas hasta el momento por los actores y los documentos de este primer reporte, pues han puesto en evidencia que hay una marcada tendencia hacia la evaluación sumativa.

El camino hacia la evaluación continua comienza a transitarse, pero alcanzar el objetivo demandará mayor compromiso de docentes, alumnos y por sobre todo, de la institución. Y aquí remarcamos que la actitud evaluadora, *que se aprende*, es parte del proceso educativo que, como tal es continuamente formativo. Es por ello que la evaluación requiere ser analizada, conceptualizada y llevada a cabo desde diferentes perspectivas. Para definir una práctica de evaluación hay que tener en cuenta diferentes dimensiones constitutivas. Estas dimensiones no se han definido desde la arbitrariedad sino desde una larga experiencia histórica, científica y profesional.

7. REFERENCIAS.

- [1] Fanfani, Emilio (2008). "*Sentidos de la Evaluación y Opiniones de los Docentes*". Perspectivas en Políticas Públicas. <http://revistas.cesgranrio.org.br/index.php/metaavaliacao/article/view/57/0> Consulta agosto 2016.
- [2] Bertoni Alicia. (1996). "*Evaluación: nuevos significados para una práctica compleja*". Editorial Kapeluz. Buenos Aires.
- [3] Brown, Sally; Glasner, Angela. (2003). "*Evaluar en la universidad: problemas y nuevos enfoques*". Narcea. Madrid
- [4] Celman, Susana; Rafaghelli, Milagros. La enseñanza en los seminarios de evaluación de los aprendizajes. Sentidos de experiencias. En: <http://asesoriapedagogica.ffyb.uba.ar/?q=la-ense-anza-en-los-seminarios-de-evaluaci-n-de-losaprendizajes-sentidos-de-experiencias>. Consulta agosto 2016.
- [5] Ordenanza 908 del Consejo Superior de la UTN. (1999). *Reglamento de Estudio de Carreras de Grado de la UTN*. <http://csu.rec.utn.edu.ar/docs/php/salida.php3?tipo=ORD&numero=908&anio=0&facultad=CSU>. Consulta agosto 2017.
- [6] Ordenanza 1549 del Consejo Superior de la UTN. *Reglamento de Estudio de Carreras de Grado de la UTN*. <http://csu.rec.utn.edu.ar/docs/php/salida.php3?tipo=ORD&numero=1549&anio=0&facultad=CSU>. Consulta agosto 2017.

Una experiencia lúdica y sus resultados

Hetze, Vanesa*; Valentini, José; Cabo, Natalia; Cinalli, Marcelo; Bárbaro, Laura

*UTN Facultad Regional San Nicolás.
Colon 332, San Nicolás, Buenos Aires. vhetze@frsn.utn.edu.ar*

RESUMEN.

El presente trabajo forma parte de un proyecto de investigación actualmente en desarrollo con sede en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario en conjunto con la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional San Nicolás (UTN - FRSN), denominado "Diseño y desarrollo de estrategias didácticas utilizando juegos serios en Ingeniería Industrial".

Se desarrolla una herramienta de apoyo (juego serio) para mejorar la calidad de la formación del estudiante y que promueva el aprendizaje, potenciando la motivación, la comunicación y el trabajo en equipo. Se busca medir si se registran mejoras significativas en la comprensión de los conocimientos que comúnmente resultan de difícil comprensión.

Se utilizó un juego genérico y se lo adaptó en este caso al contenido *costos de calidad*, denominado "Técnicas y Estrategias de Costos de Calidad" (TECCal). El juego fue utilizado en la materia Ingeniería en Calidad de 5to año de la carrera Ingeniería Industrial en UTN-FRSN. Como instrumento para la recolección de la opinión de los participantes se utilizó una encuesta semi-estructurada que se distribuyó al finalizar el juego para medir la percepción del mismo, y también una evaluación individual para medir el aporte al conocimiento. Además los colaboradores, que han observado el desarrollo del juego, obtienen datos cualitativos sobre el trabajo realizado.

Considerando lo acontecido en el desarrollo de la clase y los resultados obtenidos se pueden mencionar diversas contribuciones de la aplicación de la lúdica: mejora la comprensión del tema propuesto; favorece el espíritu colaborativo y la comunicación; potencia la motivación y adhesión de los participantes.

Palabras Claves: juegos serios; estrategias; costos de calidad

ABSTRACT

This paper was conducted as a part of an ongoing research project in Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario with Facultad Regional San Nicolás - Universidad Tecnológica Nacional (UTN-FRSN) called "Design and development of didactic strategies using serious games in Industrial Engineering".

We developed a complementary tool to make the quality of academic background better and, as a result, promote learning, enhancing motivation, communication and teamwork. Our goal is to measure significant improvement in the comprehension of hard to grasp knowledge. A generic game was used as a basis and then adapted to a specific topic, quality costs. The game called "Tactics and Strategies of Quality Costs" was used in a Quality Engineering course in the last year of Industrial Engineering career in UTN-FRSN. A semi-structured survey was the instrument to gather participants' opinions, it was distributed at the end of the game to measure the perception of it, and an individual test to measure the effect on the knowledge. Also collaborators, which have observed the game's development, gather qualitative data about it.

Considering what happened in class and the results obtained we can enumerate different benefits of this ludic application. It makes the comprehension of the proposed topic better, encourages collaboration and communication, enhances participants' motivation and attention.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo forma parte de un proyecto de investigación actualmente en desarrollo con sede en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario en conjunto con la UTN-FRSN, denominado "Diseño y desarrollo de estrategias didácticas utilizando juegos serios en Ingeniería Industrial".

Se trabajó sobre una lúdica siguiendo dos objetivos principales. El primero es desarrollar una herramienta de apoyo para mejorar la calidad de la formación del estudiante y que promueva el aprendizaje, potenciando la motivación, la comunicación y el trabajo en equipo.

El segundo objetivo proyectado es analizar si se registran mejoras significativas en la aprehensión de los conocimientos que comúnmente resultan de difícil comprensión, evaluando así si la herramienta propuesta resulta apropiada.

La utilización de una lúdica genérica, que en este caso puede ser explicitada y desarrollada con el contenido didáctico "Costos de la calidad", tiene un alcance que puede abarcar cualquier cátedra, ya sea con esta temática u otra. Además, extenderse a capacitaciones en empresas con interés en este tipo de contenidos.

2. MARCO TEORICO

Las transformaciones permanentes en el mundo del trabajo, así como las modificaciones en los procesos de gestión de la información y del conocimiento, y la forma de conocer e investigar en nuestra sociedad, dan pautas de nuevas necesidades formativas en el aula y en la universidad. Esta situación coloca a las instituciones educativas ante la exigencia de producir cambios en el currículum y en la enseñanza con la intencionalidad de mejorar la calidad de las formaciones que se pretenden lograr.

Ante esta demanda, se plantea la experiencia de los juegos serios como una posibilidad de respuesta a estos nuevos escenarios. Los juegos serios utilizan elementos de juegos en un contexto diferente (como lo es una clase) para aumentar la motivación y el compromiso con lo que se enseña, cualidades que son beneficiosas en el proceso de aprendizaje, además de mejorar la experiencia que tiene el alumno. [1]

El ejercicio continuado de un juego desarrolla las habilidades de ejecución concretas que forman parte de los objetivos pedagógicos del mismo, siendo la dificultad específica de esta práctica la del diseño de una actividad lúdica óptima para el aprendizaje. [2]

De acuerdo con Giessen, por el momento, no hay evidencia concreta de los beneficios de integrar a los juegos en general a una actividad o contexto (gamificación), pero se apunta al estudio de qué tipo de juegos se pueden utilizar y cómo se los presenta, a priori, para obtener mejores resultados en una temática específica, en una situación determinada y en un ámbito propicio (tomando en cuenta ciertos tipos de alumnos, por ejemplo) [3].

Estudios actuales sugieren que los tipos de juegos con mayores beneficios son los de simulación y de rol, aunque son también éstos los que se encuentran entre los que más trabajos se han realizado [4].

Para el diseño del juego serio se pueden imitar elementos fundamentales de juegos de entretenimiento exitosos como son: competencia y metas, reglas, actividades desafiantes, decisiones, y elementos de fantasía [5].

3. EXPERIENCIA LUDICA

De los estudios anteriormente realizados por el grupo conformado por docentes investigadores y alumnos de ambas facultades, así como de las pruebas pilotos ejecutadas, se induce que la utilización de un juego en una experiencia de aprendizaje puede ser considerada como una herramienta que, por su capacidad de simular la realidad, permite promover el aprendizaje, potenciar la motivación, la comunicación, y el trabajo en equipo.

Así surge la propuesta de desarrollar una lúdica genérica, que a partir de modificaciones pueda ser aplicada a temáticas específicas de Ingeniería Industrial. Se denominó TEDeL (Técnicas y Estrategias de Desarrollo Lúdico). El mismo es un juego en el que cada equipo deberá completar el recorrido de un tablero, por turno y con fichas que lo identifican. El tablero contiene casilleros con determinadas condiciones o situaciones, que deberá cada grupo analizar y tomar decisiones para poder convertirse en ganador. La lúdica contiene una componente incierta y otra de resolución a través del análisis y argumentación, dado que los participantes deberán tomar alguna decisión en función de una tarjeta del mazo que obtenga.

3.1. Técnicas y Estrategias de Costos de Calidad (TECCal)

La estructura lúdica genérica TEDeL se adaptó en este caso al tema *costos de calidad*, desarrollado en la materia Ingeniería en Calidad de 5to año de la carrera Ingeniería Industrial, generando la lúdica denominada TECCal. Así, se adoptó a las necesidades particulares que presenta la temática propuesta para un mejor desarrollo del juego.

En el presente trabajo se describe el uso de la lúdica TECCal, aplicada en esta ocasión a un grupo reducido de alumnos.

El objetivo del juego es tratar de identificar los tipos de costo de calidad, cómo se calculan y cómo se interpreta cada uno de ellos con su valor particular.

3.1.2 Desarrollo del juego

En el inicio todos los jugadores/equipos reciben instrucciones y se les asigna como punto de partida la misma situación inicial.

La lúdica comienza con la lectura en equipo de material teórico sobre el tema a tratar, armado previamente por la cátedra, para realizar una introducción al mismo. Y finaliza con la adquisición de todas las tarjetas de situación.

Los componentes y materiales didácticos necesarios para el desarrollo del juego son:

- Un (1) dado
- Un (1) tablero – (ver Figura 1)
- Fichas
- Un (1) mazo de cartas con tarjetas de situación
- Un (1) mazo de cartas con tarjetas de contingencias
- Un (1) mazo de cartas con tarjetas de oportunidad/preguntas
- Planilla de decisiones
- Planilla de puntuación
- Planilla de tarjetas de situación
- Instructivos
- Material de lectura previo

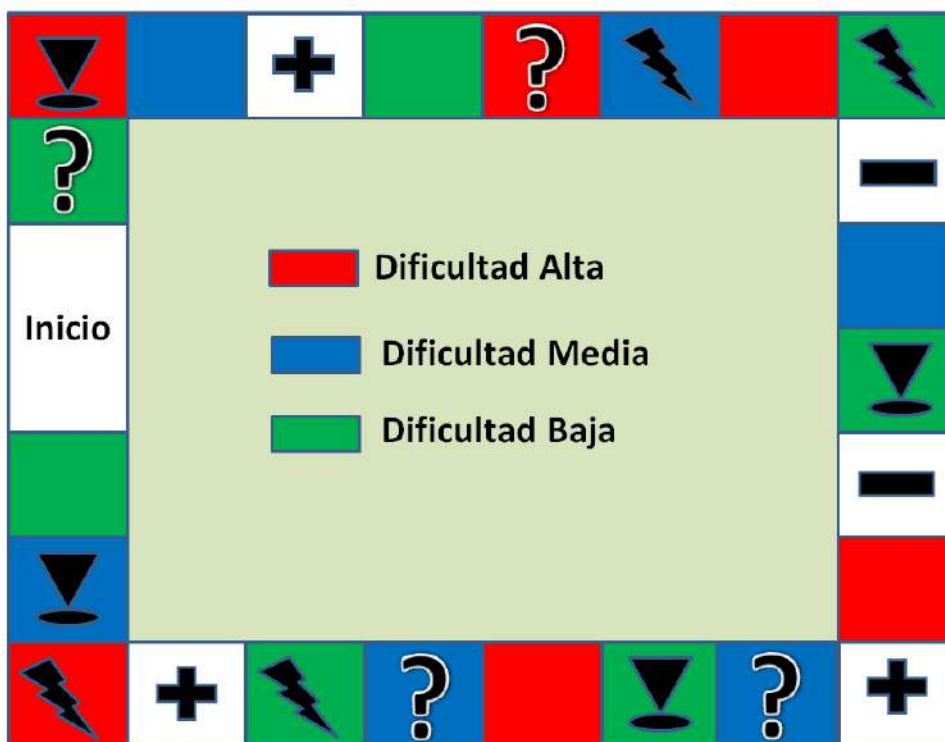


Figura 1 Tablero del juego

El juego se lleva a cabo con la participación del docente en rol de moderador, y colaboradores. Consiste en recorrer los casilleros de un tablero, arrojando un dado y avanzando según el número que indique, asumiendo que la ficha puede situarse en una casilla que implique una pregunta/oportunidad, simbolizada por “?” ,“!” o “rayo”, o una contingencia, simbolizada por los signos “+” y “-”. Como así también quedar en el lugar vacío sin acción a seguir.

Las tarjetas de oportunidad se dividen en 3 (tres) categorías, de dificultad baja, media, o alta, correspondientes cada una a un color en el tablero.

- Dificultad Alta (rojo): preguntas de respuesta abierta
- Dificultad media (azul): preguntas de verdadero o falso
- Dificultad baja (verde): preguntas de opción múltiple

Los puntos

Con cada símbolo, el puntaje que se suma al responder bien la pregunta es diferente:

- “?” : suma 5 puntos.
- “!” : suma 10 puntos.
- “rayo”: suma 15 puntos, y resta 5 en caso de respuesta incorrecta.

Las tarjetas de contingencia responden a eventualidades que debe sortear el equipo en caso de caer en ese casillero. Suma o resta directamente 5 puntos, dependiendo si es un + o -. Otra forma de sumar puntos es al cruzar el casillero inicio, adicionando 3 puntos.

Las tarjetas de oportunidad

Cuando un equipo al tirar el dado cae en un símbolo de oportunidad, lee en voz alta la pregunta de la tarjeta correspondiente al color de la casilla (rojo, verde, azul), y el equipo debe analizar durante 1 (un) minuto la respuesta, siendo controlado por el equipo siguiente. En este caso particular, corresponde a clasificar qué clase de costo de calidad es (de prevención, de evaluación, falla interna, falla externa), preguntas teóricas, o situaciones específicas con costos a identificar. Si el participante contesta correctamente suma puntos a su equipo y se anotan en la planilla. Solo en el caso del “rayo” los equipos restan puntos por responder incorrectamente.

Las tarjetas de situación

Los puntos acumulados sirven al equipo para canjear tarjetas de situación. Cada una consta de un costo de calidad referido en este caso a una empresa envasadora y un monto. Las mismas tienen que ser evaluadas por el equipo y regresadas al moderador. Cada tarjeta descuenta 7 puntos, y con la adquisición de las 10 tarjetas existentes el equipo obtiene la victoria.

Final

Si un equipo obtiene todas las tarjetas de situación el juego finaliza y en este momento todos los alumnos en forma individual deben completar una planilla de decisiones, como la que se observa en la Tabla 1. El moderador muestra a todos los participantes el contenido de las tarjetas, para que puedan clasificarlas y completar la tabla.

Tabla 1: Planilla de decisiones

COSTOS DE CALIDAD		
Costo	Observación	Monto
Fallas internas		
Fallas externas		
De evaluación		
De prevención		

En el caso particular del juego de costos de calidad, para evaluar el aprendizaje del contenido temático se utiliza la planilla de decisiones que deben completar los alumnos, con la clasificación de las tarjetas de situación en las categorías definidas.

Asimismo, los colaboradores que han observado el desarrollo del juego pueden obtener datos cualitativos sobre el trabajo realizado.

Al finalizar, los docentes instructores abren un debate para fomentar el intercambio y orientar en el análisis y la obtención de las conclusiones esperadas. Además, se reparte una encuesta de opinión.

4. RESULTADOS DEL JUEGO

Como instrumento para la recolección de la opinión de los participantes se utilizó una encuesta semi-estructurada, que se distribuyó al finalizar el juego.

En cada una de las preguntas se considera una escala del 1 al 5 para indicar la valoración de la respuesta. La categoría 1 corresponde a la opción más desfavorable (o nivel bajo), y la 5 a la más favorable (o nivel alto). El número impar de categorías permite considerar a la categoría 3 como la opción neutra o indiferente (o nivel medio).

Se presentan preguntas que hacen referencia al desarrollo en sí del juego y también otras asociadas a la dinámica de la lúdica para conocer si fue observado: lento, dinámico, tedioso, divertido, complejo, simple, entre otras posibilidades. Finalizando con algunas preguntas dirigidas a conocer las características personales del encuestado.

En las Figuras 2 se muestran los gráficos de barras correspondientes a las respuestas obtenidas en las preguntas.

En cuanto a la pregunta 1 (1: Antes de comenzar este taller, ¿qué nivel de conocimiento tenía sobre “costos de calidad”?), se puede observar que la mayoría de los participantes encuestados considera tener un nivel bajo (categoría 2), con un 55,6%.

En la pregunta 2 (2: ¿Considera que el juego en el que acaba de participar aumentó el nivel de conocimiento que tenía sobre “costos de calidad”?), ningún encuestado seleccionó la categoría 1 (nada) ni la 2 (poco), siendo la respuesta mayoritaria dada por la categoría 4 (bastante) con un 66,7 %.

Algo similar ocurrió con la pregunta 3 (3: ¿Qué tan útil le parece que es un juego para incorporar conocimientos de un tema específico?), en la que un solo encuestado respondió seleccionando la categoría 3 (medio) mientras que el resto optó por las categorías 4 (bastante) y 5 (mucho).

Las preguntas 4, 5, 6 y 7, hacen referencia al desarrollo en sí del juego.

Las respuestas obtenidas en la pregunta 4 (4: Las instrucciones del juego dadas al inicio de la actividad, ¿le resultaron claras y comprensibles?) van desde la categoría 3 (pocas) hasta la 5 (todas), siendo la más elegida la categoría 5 con un 55,6%. Mientras que en la pregunta 5 (5: ¿Cómo considera que fue la interacción con los otros participantes de su equipo?) las dos únicas categorías seleccionadas como respuesta fueron la 4 (bastante fluida) con un 22,2% y la 5 (muy fluida) con un 77,8%.

En la pregunta 6 (6: A partir de los datos estadísticos relevados, ¿cómo le resultó la interpretación de los mismos?) solo fueron seleccionadas las categorías 3 y 4, con un 55,6% y 44,4% y en la pregunta 7 (7: El equipo, ¿llegó a las conclusiones esperadas indicadas por el instructor?) las tres categorías superiores con un 11,1%, 55,6% y 33,3%.

La pregunta 8 (8: En cada uno de los puntos siguientes marque el número que más se aproxime a la valoración que usted realiza del juego en el que acaba de participar) apunta a la valoración del juego respecto a tres características. Ésta resultó predominantemente alta en las tres, a saber, el punto a (8.a: 1-Lento...5-Dinámico) que la mayoría de las respuestas fue 4 y 5, con un 33,3% en ambos casos. El punto b (8.b: 1-Tedioso...5-Divertido) en los que la mayoría de las respuestas fue 4 y 5, con un 55,6% y 33,3% respectivamente. El punto c (8.c: 1-Complejo...5-Simple) con mayoría de respuestas 3, 4 y 5 con un 33,3%, 33,3% y 22,2% respectivamente.

La franja etaria a la que pertenecen los participantes encuestados están en la de “entre 20 y 34 años”.

Con relación a evaluar el aprendizaje del contenido temático se analizó la planilla de decisiones completadas por los alumnos. Allí la efectividad del juego se evidencia en cómo categorizaron los alumnos individualmente cada una de las tarjetas de situación en el final del juego.

En la Figura 3, se observa el nivel de respuesta de las tarjetas de situación, cada una de ellas obtuvo un porcentaje de clasificación. Estos datos surgen del análisis de las planillas de decisiones completadas por los participantes del juego, de manera individual.

Observando los datos obtenidos de cada planilla, se puede indicar que todos los alumnos que jugaron tuvieron un porcentaje mayor a 60% de clasificación correcta de las tarjetas de situación.

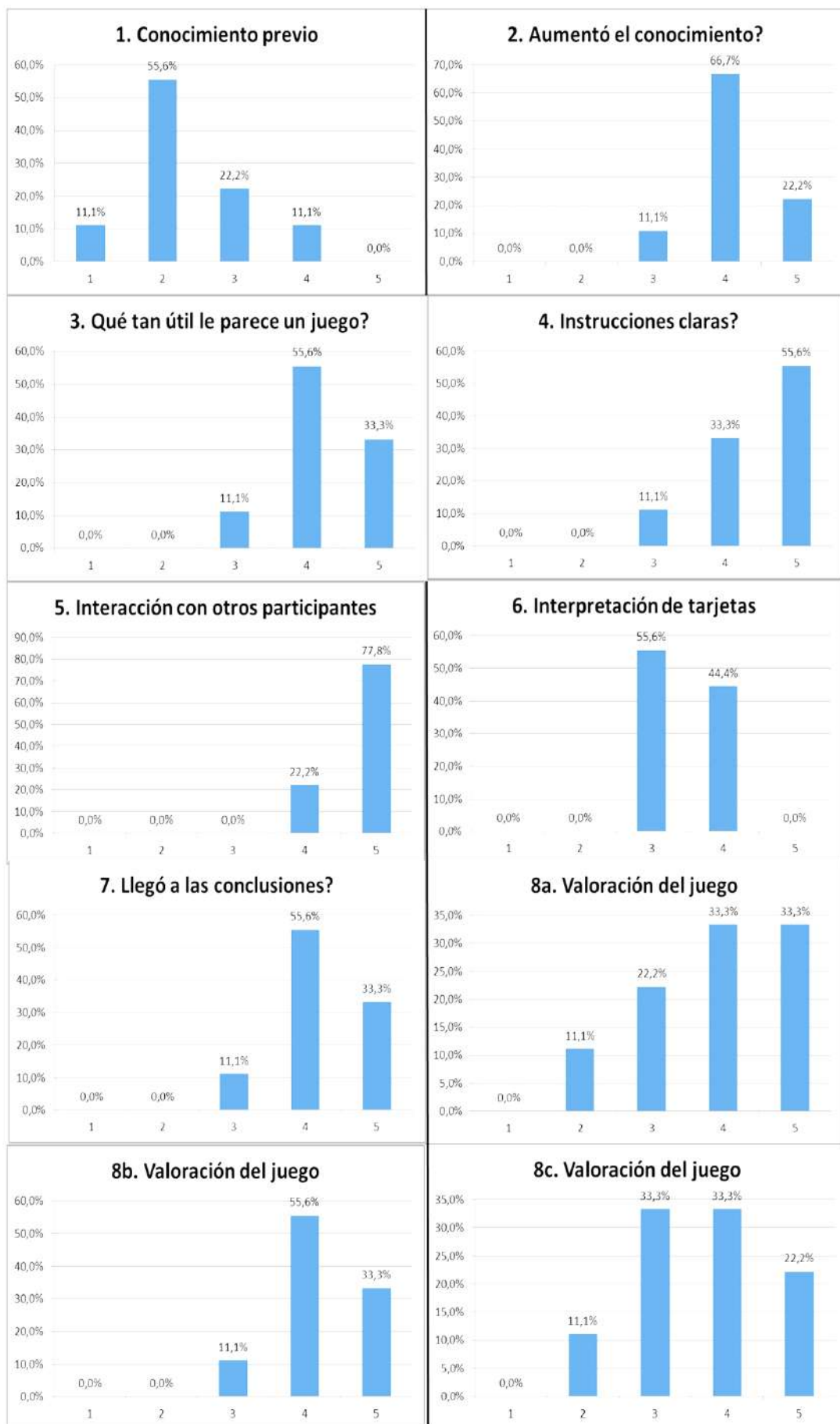


Figura 2 Resultados de la encuesta

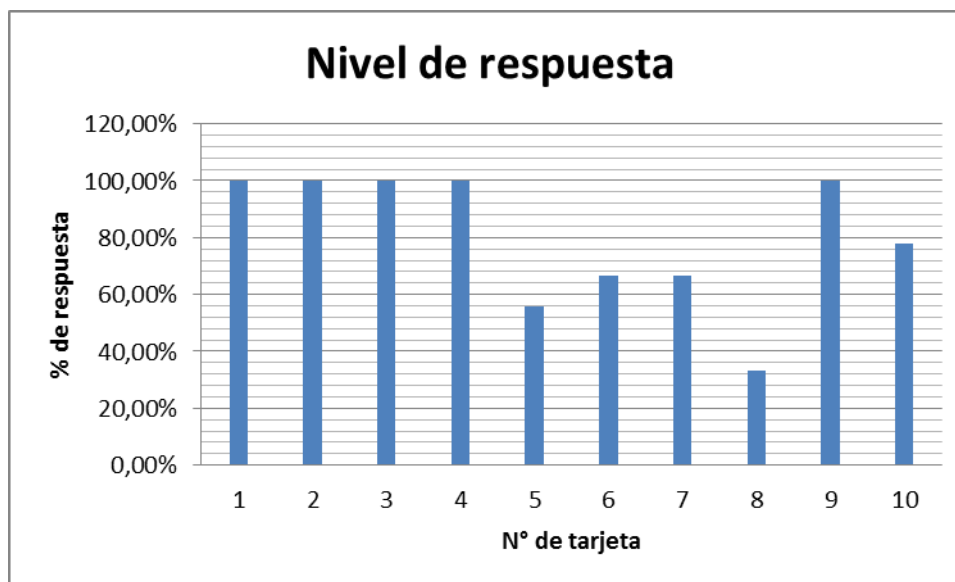


Figura 3 Nivel de respuesta

5. CONCLUSIONES

Como observaciones posteriores luego de la experiencia realizada con los alumnos de 5to año se desprenden lo siguiente:

- La propuesta lúdica y a su desarrollo

Se diseñó un juego de mesa, un tipo de juego cuya dinámica se trae incorporada desde la iniciación escolar. Por otra parte, de acuerdo a las entrevistas realizadas a los profesores de la cátedra en la cual fue aplicada, la temática elegida “costos de calidad” suele ser un tema de dificultosa comprensión y aplicación en la resolución de problemas. Además, la enseñanza tradicional del tema se realiza de manera expositiva y teórica, con la consecuente resolución de un ejercicio, por lo cual constituye una temática interesante para el desarrollo lúdico. En la experiencia realizada se hizo una introducción y explicación de la propuesta para introducir el tema y que los participantes entiendan la finalidad y motivación de la misma.

- Los resultados y su aplicación:

La lúdica realizada favorece la comunicación y el intercambio entre los participantes, inclusive invita a otros equipos a pensar la respuesta en un ámbito de sana competencia en la cual todos deben realizar un análisis y desarrollar la formulación en voz alta, siendo evaluada su respuesta no sólo por el docente que está a la escucha, sino por sus pares.

Se trata de un juego divertido y dinámico, que invita a los participantes a sumarse a la dinámica, involucrándolos en el rol de responder por equipos (al momento en que las pregunta se leen en voz alta, todos los participantes se inquietan por responder).

El primer uso del juego permite vislumbrar una necesidad de mejora en cuanto al tiempo requerido. Como solución a esta inquietud, se puede plantear mayor puntaje por respuesta correcta, más instancias de puntajes, como por ejemplo sumar doble en caso de pregunta difícil o bien la utilización de un “comodín”.

- Al diseño del juego y sus aportes

Es importante destacar aspectos del diseño que enfatizan o materializan de una manera más empírica la dinámica, o que pueden dificultar su aplicación, entre los aspectos a tener en cuenta se encuentra:

- Los roles de los colaboradores o moderadores (quién realiza la sumatoria del puntaje, quién asigna las tarjetas y verifica tablero, etc.).
- La ubicación de los jugadores con respecto al tablero (al mover su ficha por ellos mismos puede influir en la dinámica y tiempos).
- El rol del docente que evalúa la respuesta y brinda indicaciones para la comprensión. Particularmente en el cierre y evaluación final, en donde se debaten y comparten las conclusiones.

Durante la corrida realizada, el diseño se vio bien recibido y resultó de fácil y rápida comprensión. Por lo que, la mejora a implementar, en el sentido de diseño, que aportó la experiencia es la inclusión de actividades a realizar por aquellos que no están en su turno. Una posibilidad sería funcionar como jueces de las respuestas y si realizan correcciones pertinentes se sumen puntos y si no lo son, resten. También podría revisarse la posibilidad de que conteste el equipo que primero sepa la respuesta. Otra posibilidad podría ser el agregado de un “comodín” que permita por única vez ser ayudados por otro grupo cuando no se sepa la respuesta y compartir los puntos ganados en dicho turno y un “comodín” que elimine dos opciones falsas en el caso de preguntas de opción

múltiple. Todos estos posibles agregados deberán ser revisados y tenidos en cuenta para futuras corridas.

Considerando lo acontecido en el desarrollo de la clase y los resultados descriptivos pueden mencionarse diversas contribuciones de la aplicación de la lúdica:

- Mejora la comprensión del tema propuesto (el estudiante asocia contenidos teóricos y los aplica mediante una vivencia).
- Favorece el espíritu colaborativo y la comunicación (el participante aporta ideas para superar los obstáculos, interactúa y dialoga, debe tomar decisiones en el momento, incluso escuchando propuestas o aportando las suyas).
- Potencia la motivación y adhesión de los participantes.

A partir de ésta lúdica el alumno logra:

- Tomar decisiones basado en herramientas de análisis.
- Aprender a usar conceptos específicos de manera interactiva.
- Interactuar en un espacio colaborativo, co-participativo y buscar el consenso en las decisiones (en el caso de que la lúdica se realice por equipos).

El uso de esta lúdica procura desarrollar competencias instrumentales (capacidad de análisis y síntesis), interpersonales (trabajo en equipo, relaciones interpersonales, razonamiento crítico para fundamentar las ideas), sistémicas (capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica).

6. REFERENCIAS.

- [1] Domínguez A., Saenz-de-Navarrete J., de-Marcos L., Fernández-Sanz L., Pagés C., Martínez-Herráiz J. J. (2013) Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes Computers & Education 63 (2013) 380–392
- [2] Sanchez Gomez M. (2007) Buenas Prácticas en la Creación de Serious Games (Objetos de Aprendizaje Reutilizables) V Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Educativos Reutilizables, Bilbao España.
- [3] Giessen H. W. (2015) Serious games effects: an overview Procedia - Social and Behavioral Sciences 174 (2015) 2240 – 2244
- [4] Connolly T., Boyle E. A., MacArthur E., Hainey T., Boyle J. M. (2012) A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games Computers & Education 59 (2012) 661–686
- [5] Moloney J., Globaa A., Wanga R., Roetzela A. (2017) Serious games for integral sustainable design: Level 1 Procedia Engineering 180 (2017) 1744 – 1753

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la directora del proyecto “Diseño y desarrollo de estrategias didácticas utilizando juegos serios en Ingeniería Industria”, Mg. M. Liliana Cerrano y a los docentes de la cátedra de Ingeniería en Calidad de la FRSN, Ing. Hector Gallegos y Lic. Ma. Laura Gallegos.

Desafío de Innovación - Semana de la Ingeniería, Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino

Rodriguez Rey, Julio⁽¹⁾ – Soraire, Leandro ⁽¹⁾– Lamarque. Marcelo⁽¹⁾ –
Camargo, Mauricio ⁽²⁾ – Vargas, Esteban ⁽¹⁾

*(1) Facultad de Ingeniería Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino.
Av. Perón 2085. Yerba Buena(4107) juliorrey@gmail.com*

*(2) Lorraine University / Equipe de Recherche des Processus Innovatifs
6 rue Bastien-Lepage BP 10630. F-54010 Nancy Cedex - Mauricio.Camargo@univ-
lorraine.fr*

RESUMEN

En este artículo se describe una experiencia pedagógica en una Facultad de Ingeniería de la Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino. Esta institución, de gestión privada en su facultad de ingeniería integra las carreras de ingeniería Industrial, en informática y la Licenciatura en logística. En ocasión de la semana de la ingeniería se desarrolla un evento consistente en la propuesta de soluciones innovadoras para una problemática puntual de interés regional. Mediante una metodología que integra aspectos del workshop y de concurso competitivo, se motiva a los alumnos para que presenten, mediante un diseño sistematizado, ideas innovadoras que integren las variables de mercado, tecnología, tiempos de diseño e impactos económicos y ambientales. La dinámica a seguir se basa en experiencias similares en este tipo de terreno, como ser las 48 horas para innovar. Se presentaron 4 trabajos de gran interés conceptual, aunque de manifiestas diferencias en el grado de interpretación, alcance de las propuestas y grado de innovación planteados. Como conclusión se pudo ver cómo las dinámicas de integración entre las carreras que participan condicionaron la elección de las propuestas y de las presentaciones intermedias. Esto ocasiona que haya importantes diferencias entre las propuestas, con una gran divergencia en los parámetros de evaluación.

Palabras Claves: Innovación – Workshop creativo – Ingeniería Industrial

ABSTRACT

This article describes a pedagogical experience in a Faculty of Engineering in the Universidad del Norte Santo Tomas de Aquino. This institution is privately managed and its faculty of engineering integrates the careers of Engineering in Industrial management, in computer science and also the Licenciatura in logistics. On the occasion of the engineering week, an event is held in which innovative solutions are proposed for a specific problem of regional interest. Through a methodology that integrates aspects of the workshop and competitive competition, students are encouraged to present, through a systematized design, innovative ideas that integrate the variables of market, technology, design times and economic and environmental impacts. The dynamic to follow is based on similar experiences in this type of terrain, such as being the 48 hours to innovate. Four works of great conceptual interest were presented, although there were marked differences in the degree of interpretation, scope of proposals and degree of innovation. In conclusion, it was possible to see how the dynamics of integration between the careers involved conditioned the choice of the solutions, and the intermediate presentations. That presents differences between the proposals, with a great divergence in the evaluation parameters.

1. INTRODUCCIÓN

En este artículo se describe una experiencia realizada en el marco de la Semana de la ingeniería de la Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino, durante el mes de junio de 2016. Esta Universidad, de gestión privada, se encuentra en Tucumán, Noroeste de Argentina y cuenta con distintas facultades entre las que se encuentra la Facultad de ingeniería, que es en la que se llevó a cabo el experimento. Para el diseño de experiencia Se tomaron en cuenta iniciativas similares desarrolladas en Argentina y en el mundo en las que, como objetivo final se persigue la creación de propuestas novedosas a problemas complejos en un corto periodo de tiempo. Se distinguen entre las metodologías analizadas las de 48 horas para crear ideas y las del Rally de innovación [1] en las que se realizan dinámicas similares a la propuesta en este caso.

En particular para la presente se definió un plazo de 48 horas para la generación de las propuestas, comenzando el mismo un lunes por la tarde y terminando la presentación de las propuestas el día miércoles. El protocolo seleccionado contempla la presentación de un problema de interés regional la metodología a utilizar y los parámetros con lo que se seleccionará la calidad de las ideas propuestas. En una charla introductoria explicativa de aproximadamente una hora de duración se presentaron los elementos, como así también el funcionamiento del sitio web que daría soporte a los participantes durante el desarrollo. Participaron de esta propuesta alumnos de las carreras de licenciatura en logística ingeniería industrial licenciatura en gestión ambiental y como soporte la licenciatura en medios audiovisuales que tenía como principal tarea realizar un video que explicara claramente la propuesta

Como Principal resultado se presentaron tres proyectos con interesantes propuestas y que resultaron innovadoras y con aportes en diferentes dimensiones de las valoradas en el proyecto. Otros resultados interesantes de la experiencia están relacionados con las formas de llevar a cabo la misma y el soporte que debe darse en estas 48 horas que presenta complicaciones sobre todo si se lo implementa de manera virtual. Asimismo la claridad de la Consigna y las limitaciones es fundamental Cómo quedó de manifiesto en alguno de los trabajos.

2. ANTECEDENTES

2.1 La Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino

La universidad es una institución católica creada por la orden de predicadores inserta en la tradición dominicana. Como tal, además de proporcionar una formación profesional en las ciencias, artes y técnicas, incluye la formación humanística inspirada en la fe católica. En el año 1965, fue reconocida como Universidad por el estado nacional, en carácter de autorización provisoria [3]. Formaban parte de la UNSTA, las Facultades de Humanidades, de Economía y Administración, de Derecho y Ciencias Sociales y de Ingeniería Industrial y el Departamento de Extensión. Las carreras que se dictan a la fecha en la UNSTA, y que se relacionan con el experimento son: Licenciatura en Administración de Empresas, Lic. en Comercialización, Maestría en Dirección y Administración de Empresas, Ingenierías Industrial e Informática, Licenciatura en Diseño Multimedial, en Gestión Ambiental, en Logística y Gestión de Transporte, entre otras

La Facultad de Ingeniería de la Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino, creada el 26 de noviembre de 1964 como Facultad de Ingeniería Industrial e inicia sus actividades académicas en el año 1965. La Facultad define tres ejes para desarrollar su oferta educativa: 1) La Producción, 2) La Informática, y 3) El Ambiente como modo de contribuir a la solución de problemas locales, regionales y nacionales. En el año 2007 la Facultad de trasladada al nuevo Campus UNSTA en Yerba Buena, municipio situado a 10 km de San Miguel de Tucumán con el afán de la búsqueda de la excelencia y la calidad educativa [4]. En esta nueva locación se cuenta con mejores espacios, más laboratorios y un mejor ámbito para el estudio y la investigación.

Con respecto al perfil del Ingeniero Industrial, es el Ingeniero Industrial el profesional apto para apoyar al Empresario en nuevos desafíos y oportunidades, ya que está preparado para el diseño y mejoramiento de sistemas de producción y administración de bienes y servicios, procurando la mayor productividad de los recursos.. Su área de desempeño son las Empresas de todo tipo, sean de manufactura, de servicios o de comercio, están enfrentadas a necesidades de modernización, productividad, calidad y costos, dictadas por la competencia internacional, en mercados cada vez más exigentes. En cuanto al Licenciado en Logística, el mismo está formado en la nueva concepción de las redes logísticas, con conocimientos que van mucho más allá de los requerimientos básicos de las cadenas de suministros, almacenamiento, clasificación y transporte a los puntos de demanda u oferta.-

Incorporan los conocimientos y técnicas que van a permitir optimizar costos y servicios creando valor y ventajas sostenibles que se traducen en máxima rentabilidad, logrando modelos de operación de organizaciones empresariales e industriales de todo tipo, integrando los recursos económicos, humanos, tecnológicos, comerciales y financieros.

2.2 Innovación

La innovación resulta necesaria para el crecimiento de las empresas, de las economías y de los países. Diversos estudios han demostrado que existe una relación importante entre innovación y crecimiento. La innovación permite a las empresas trabajar de mejor manera, de forma más dinámica y con mejores índices de competitividad.

Es sabido que en nuestro país, los procesos de innovación suelen ser complejos y laboriosos, y la falta de gestión en la disciplina lleva a resultados pobres. Estos problemas se acentúan en las pequeñas empresas [5]. La innovación empresarial es necesaria para las empresas, aun cuando en el corto plazo, la mayor parte de ellas no sea consciente de esta necesidad. Sea cual sea su forma de competir, ya lo haga por diferenciación o mediante la utilización de economías de escala, la innovación se hace necesaria para generar resultados únicos, distinguibles de la competencia y preferibles por el usuario. Esta situación se da tanto para empresas basadas en la tecnología como para empresas tradicionales o de baja complejidad tecnológica, aunque el desarrollo de los procesos de innovación suele ser bastante diferente [6].

Según [7], con la crisis del modelo industrial de postguerra y el estancamiento de la demanda, las nuevas tecnologías de organización flexible de la producción adquieren una creciente relevancia en la competitividad de las empresas. La emergencia de los nuevos paradigmas tecno-organizativos produce transformaciones en la organización de la producción que tienen impactos importantes en las actividades innovativas. En efecto, la creciente importancia que comienzan a asumir los factores "no precio" de la competitividad (calidad, servicios de venta, adaptación al cliente, capacidad de diseño, etc.), la segmentación de los mercados y el acortamiento del ciclo de vida de los productos, replantea el proceso innovativo e involucra nuevos agentes y modalidades operativas. Para el desarrollo de procesos innovativos adquiere una creciente importancia la formación de redes, la cooperación empresarial y el conjunto de interfaces que se van formando entre los agentes e instituciones involucrados (universidades, centros de servicio empresarial, centros de investigación, etc.). En este sentido, [8] especifica la capacidad de las firmas a asociarse con clientes y proveedores como una característica crítica en el crecimiento de la capacidad de innovación de las empresas.

Sin embargo, [9] apunta que en Argentina solo un grupo minoritario de firmas lleva a cabo procesos de innovación e inversiones orientados a elevar su productividad, siguiendo las mejores prácticas de nivel internacional. Lo anterior a pesar de que se conozca que las Pymes serán competitivas en la medida que se especialicen, operen dentro de un marco de cooperación y sean conscientes de la necesidad de desenvolverse dentro del campo de la investigación y desarrollo, innovación y utilización de nuevas tecnologías, tanto productivas como de información. La perspectiva de los procesos internos en las Pymes incorpora objetivos y medidas para el ciclo de innovación a largo plazo de creación de valor, así como para el ciclo de operaciones de corto plazo, que persigue la subsistencia [9].

Según [8], la innovación está en el corazón de las políticas de desarrollo industrial. Los dirigentes y el personal de las empresas se enfrentan hoy a la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías, nuevos productos y nuevas formas de organización. En las políticas empresariales, que si bien se materializan aspectos administrativos como presupuestos, desarrollo de mercados, rentabilidad, endeudamiento en actividades innovadoras, etc. también estas acciones son soportadas por el desarrollo tecnológico y la ingeniería para llevar a cabo las mismas. Disciplinas como la gestión de proyectos, el diseño industrial, el dominio de las TICs presentan gran compatibilidad metodológica con las ingenierías y sobre todo, con la ingeniería industrial. Es por esto que el enfoque de la innovación es mandatoriamente interdisciplinario y la ingeniería industrial tiene una fuerte injerencia en su desarrollo.

A su vez, el autor distingue tres tipos de innovación: Innovación en los productos, innovación en los procesos e innovación en los modelos de negocios. En este proyecto consideramos que la ingeniería tiene una estrecha relación con todos y cada uno de ellos, como detallamos en la siguiente descripción:

- Innovación en los productos: El diseño industrial, concebido como una disciplina en la cual se define estructural y orgánicamente un producto que satisfaga las necesidades de los clientes, es una rama de gran importancia para la Innovación.
- Innovación en los procesos: La disciplina de procesos, netamente transversal, es un ámbito con un gran potencial en la innovación. La coordinación espacio-temporal, el control de los procesos, las comunicaciones internas, la calidad y la correcta gestión de la cadena

de abastecimiento, hacen que la innovación en los procesos tenga un gran impacto en el desempeño de las empresas.

· Innovación en los modelos de negocios: Si bien es cierto esta rama tiene una gran relación con ramas de la administración como la gestión estratégica de negocios y la mercadotecnia, un modelo de negocios es definido tradicionalmente como la interacción de seis componentes: Mercado objetivo, Productos & Servicios, Costos, Beneficios, Cadena de Valor y Organización.

2.3 Talleres de Innovación

En relación a las iniciativas para fomentar la creatividad en grupos de trabajo para generar propuestas innovadoras en la solución de problemas, podemos encontrar diversos antecedentes en latinoamérica y el mundo. Un antecedente de importancia puede encontrarse en [2] en el que se describe la metodología registrada en 2001 [10] (48 hours to make live ideas ® workshop) que fuera desarrollada en la Université de Lorraine, Francia y que se lleva a cabo desde hace más de 10 años en Argentina, Colombia, Chile y Brasil, entre otros países. La metodología citada contempla una serie de pasos que van desde el planteo del problema, sesiones de creatividad, selección de ideas y desarrollo de las ideas de mayor viabilidad.

Una metodología similar a la descripta, también de origen en universidades francesas y con un enfoque similar es la de “Les 24h de l’innovation”, creada en el año 2007 por el Instituto de Ingeniería ESTIA (Ecole Supérieure des Technologies Industrielles Avancées) [11]. En Latinoamérica puede encontrarse un antecedente de gran importancia, el Rally Latinoamericano de Innovación [12], con ediciones en 2014 y 2015. En el presente trabajo se tiene en cuenta la utilización de los conceptos de formación por competencias que predica esta última metodología.

Con relación al formato del evento, se ha decantado por un formato de 2 días, en línea con [2]. El primer día se plantea el problema y se explican brevemente 7 técnicas de creatividad (Tormenta de ideas, SCAMPER, Analogía, Inversión, Biónica, Matriz de descubrimientos y Organizador de ideas). Se explicitan claramente los criterios de clasificación, que fueron seleccionados mediante el criterio de panel de expertos [13] y que fuera basado en [14]

Mediante la metodología de la Ingeniería de la Innovación [8], se definen las partes componentes del problema y se van aplicando las diferentes fases, para lograr los resultados esperados, tanto en plazos temporales como en la calidad de la solución.

Las medidas de éxito de los proyectos descriptas en la Tabla 1, se establecieron de la siguiente manera:

Tabla 1: *Propuesta de las categorías*

Nuestro enfoque	Enfoque de [14]
Facilidad de implementación	Implementabilidad
Impacto económico de la solución	Efectividad / Implementabilidad
Impacto social	Aplicabilidad / Aceptabilidad
Creatividad	Originalidad
Mejor ingeniería del proyecto	Complejidad, Integralidad,

Para la etapa de convergencia, o sea la etapa en la que se seleccionan diferentes ideas que aportan cierto grado de viabilidad a los ojos de los participantes, se ha empleado una metodología multicriterio de desarrollo propio, en la que se define un indicador como VPI [15] (Viabilidad preliminar de la idea) y se aporta un ejemplo en el que se toma como ejemplo desempeño, precio e impacto social, como puede verse en la siguiente tabla:

3. METODOLOGIA

3.1 Presentación del Problema: Transportando Carga o Transportando Valor. En la sección siguiente se presenta el problema tal cual como fue planteado a los equipos.

“Las zonas de mayor consumo de Argentina y la puerta para las exportaciones de bienes físicos se encuentran en la franja central de la Argentina, conocida como corredor bioceánico, abarcando Buenos Aires, Santa Fe, San Luis, Córdoba y Mendoza. Desde el NOA se transportan gran cantidad de materias primas, muchas de ellas sin agregado de valor o con un escaso agregado.

Asimismo, muchos productos "frescos" tienen una logística que no permite vender estos productos fuera del NOA por los altos fletes que implica.

Asociado a esto último, encontramos el problema de que gran parte del consumo del NOA implica productos industrializados fuera del región (o sea, "importados" de la franja central); incluso en muchas ocasiones realizados con materias primas provenientes del NOA, lo que implica un doble flete y una "fuga" de beneficios de la región. El NOA cuenta con más de 8300 industrias, una red razonable de caminos y un ferrocarril que está agiornándose en estos últimos meses. Estos considerandos hacen suponer que la capacidad de procesamiento de materias primas para convertirlas en productos elaborados es más que suficiente, lo que impactaría en menores costos de fletes, en mayor empleo, menor contaminación (huella de carbono) y mayor industrialización de la región, como ocurre en otros países más desarrollados. La zona se encuentra también cerca de mercados internacionales importantes como ser Bolivia, Norte de Chile, Paraguay y el mismo NEA.

En estos dos grupos de problemas presentados (Incidencia de flete y escaso desarrollo del mercado NOA/NOA y alrededores) encontramos deafíos "históricos" que hoy por hoy son fácilmente superables gracias a las TICs. Algunos de estos problemas se citan a continuación en una lista que no pretende ser exhaustiva, sino más bien orientadora:

- *Desconocimiento de la oferta de "vecinos"*
- *Mala gestión de la capacidad, que deviene en informalidad*
- *Falta de saber-hacer en las empresas*
- *Falta de equipos que se pueden alquilar o tercerizar procesos*
- *Deficiente marketing "regional" al consumidor final*
- *Falta de información sobre espacio disponible en fletes (Autos, camiones, colectivos, camionetas)*
- *Poder de las cadenas de supermercados que puede aligerarse con redes sociales*
- *Networking: Armado de conglomerados fuertes con asociaciones virtuales basadas en las TICs*
- *Falta de conciencia ecológica y social en comprar todo de afuera.*
- *Falta de información"*

Además de la presentación del problema, se definen algunas reglas básicas que deben seguir los grupos participantes:

"Se recuerda que la solución deberá incluir innovaciones en ingeniería (transporte, procesos, etc.) en utilización de las TICs aplicadas al problema (no hace falta que sea un nuevo desarrollo, pero si se deberá especifica cómo se aplica en el caso, integrándolo con el sistema físico/organizativo) y en lo relativo al medio ambiental/social. No es necesario que los aportes tengan la misma intensidad.

La propuesta será entonces determinar estas producciones en la que exista potencial de agregar valor convergiendo hacia dos soluciones:

- 1) Disminuir el costo relativo del flete (Costo / Valor transportado) para hacer la producción del NOA más competitiva*
- 2) Posibilitar vender la producción del NOA en mercados cercanos (NOA, Norte de Chile, Bolivia, NEA, etc) a partir de un agregado de valor genuino en la región*

La solución debe:

- a) Ser novedosa con respecto a lo existente en la región. Para esto hay que hacer un breve análisis de la situación actual*
- b) Mostrar indicadores de éxito prometedores (Precio, disponibilidad, cercanía, personalización, etc.)*

c) *Ser realizable con la tecnología existente o con otra a desarrollar sobre todo informática (excluyente, debe tener un desarrollo informático contemplado para coordinar producción, venta, etc.)”*

3.2 Formulario en línea

Luego de explicitada la consigna, la metodología incluye completar un formulario en línea que deberá contener:

- *Integrantes del grupo*
 - *Apellido, Nombre, Código Alumno, Carrera u filiación, e-mail, celular, Participante / Coordinador*
- *Nombre del grupo al que pertenece*
- *Nombre de la idea (1 línea)*
 - *Descripción Corta (hasta 5 líneas)*
 - *Descripción larga (1 página, se completa al final)*
- *Herramienta utilizada*
 - *Defina el nombre de la herramienta y en 10/15 líneas explique cómo se realizó la dinámica. En otro cuadro, explique los resultados alcanzados con esta dinámica. Adjunte 3 fotos de la actividad y un croquis (Esto se repite 3 veces)*
- *Conclusiones preliminares de la aplicación de las 3 herramientas (Cuadro similar al anterior)*
- *Dinámica de la selección de las ideas*
 - *De la consigna, extraiga algunos criterios relevantes para la toma de decisión. En base a la metodología multicriterio, que se detalla aquí*

3.3 Valor Preliminar de la idea (VPI)

A continuación se refiere la metodología de Valor Preliminar de la Idea (VPI), que es un indicador multicriterio que se define, en base a la metodología visto en [15] cómo:

Con la VPI (Viabilidad preliminar de la idea) definida como:

En la cual,

Dónde:

$$VPI = \sum_{i=1}^n P_i \times W_i$$

- VPI, es el valor preliminar de la idea con $0 \leq VPI \leq 1$
- P_i , es el grado de aporte al criterio seleccionado p_i ($0 \leq p_i \leq 1$)
- W_i es el peso específico asignado en función de la importancia al criterio
- n es el número de criterios analizados
- i es el número del criterio

3.4 Formato del taller:

Se realiza en 3 días, se habilita un foro, se explicita en problema. Para la determinación del calendario, el proyecto se basa en la metodología utilizada en [2]. A continuación se detalla el cronograma presentado en la Tabla 2:

Tabla 2: Calendario de la actividad

Calendario de la Actividad	
1)	<i>Presentación del problema (Lunes 15hs)</i>
2)	<i>Generación de ideas (Lunes y Martes)</i>
3)	<i>Selección de la solución (Martes mediodía)</i>
4)	<i>Avance en la especificación de la solución (hasta martes a la noche)</i>
5)	<i>Formalización / Video (Martes 14hs)</i>
6)	<i>Presentación de solución y premios a las categorías (Miércoles 17hs)</i>
	<i>a. Mejor ingeniería del proyecto</i>
	<i>b. Facilidad de implementación</i>
	<i>c. Impacto económico de la solución</i>
	<i>d. Impacto social</i>
	<i>e. Creatividad</i>
7)	<i>Ganadores de menciones: Video final (Viernes 17hs)</i>

3.5 Formación por competencias

La necesidad de relacionar la educación con el mundo del trabajo obliga a promover las actividades educativas basadas en los modelos por competencias. El objetivo es el de combinar la educación técnica con el desarrollo de habilidades y destrezas no técnicas imprescindibles para la inserción al mundo laboral. Para promover el desarrollo de ciertas habilidades y capacidades blandas, autores como [16] proponen actividades donde se plantean problemáticas bajo condiciones de incertidumbre para que los alumnos propongan soluciones innovadoras.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el marco del desafío de innovación, se plantea una actividad que excede la mera transmisión de información, ayudando al desarrollo de habilidades que complementan la formación profesional, utilizando recursos multidisciplinarios y asistiendo en el desarrollo soluciones en un contexto conflictivo. Las competencias transversales que se desarrollan y evalúan en la actividad se dividen por dimensión de evaluación, según puede verse en la Tabla 3, de la siguiente manera:

Tabla 3: Relación entre las Dimensiones de evaluación y las competencias asociadas

Dimensión	Competencias asociadas
<i>Facilidad de implementación</i>	<i>Pensamiento reflexivo. Pensamiento crítico.</i>
<i>Impacto económico</i>	<i>Pensamiento analítico.- Pensamiento práctico.</i>
<i>Impacto social</i>	<i>Sentido ético.- Diversidad e interculturalidad</i>
<i>Creatividad</i>	<i>Creatividad.Innovación.</i>
<i>Ingeniería del proyecto</i>	<i>Gestión de tiempo. - Pensamiento sistémico</i>
<i>Presentación del proyecto</i>	<i>Trabajo en equipo. - Comunicación interpersonal</i>

Para la evaluación de las competencias transversales se utiliza un instrumento, denominado rúbrica, cuya finalidad es la de mostrar los criterios y expectativas en diferentes niveles de cumplimiento, detallando lo considerado insuficiente, lo aceptable y la resolución óptima. Para la elaboración de las rúbricas se define las competencias y se establece los indicadores y criterios de evaluación para cada una. Por ejemplo:

Pensamiento analítico: es un pensamiento razonable y reflexivo acerca de un problema, que se centra en decidir qué hacer o en qué creer y la relación existente entre ese problema y el mundo en general.

4. RESULTADOS

A continuación en la Tabla 4 se presentan los resultados que se obtuvieron en la actividad realizada

Tabla 4: Presentación de resultados

Presentación de Resultados sobre las ideas propuestas en la actividad
Sistema Ferroviario Latinoamericano SFV. Plantea reducir el tiempo del flete de la materia prima en trenes, sin detenerse para cargar/descargar. El tren pasa por una grúa pórtico que acompaña al tren cargando y descargando a 50km/h Se propone un sistema MAGLEV, de suspensión magnética
FULL TRUCK: Plataforma colaborativa de empresas tanto de logística como productoras con el fin de optimizar la capacidad ociosa de los transportes de cargas.
Proyecto tubos TRANSLEV: Aprovechamiento del Efecto Meissner en el movimiento levitando, para la creación de una red de conductos que transporta cápsulas no muy grandes desde el NOA hacia el corredor bioceánico y países extranjeros.
Proyecto GDA "Sobre agua": Aprovechamiento de ríos y canales para el transporte ecológico de cargas, incluyendo un sistema de reutilización del agua

En base a los detalles del proyecto, las competencias asociadas que se vieron en la Tabla 3, se ponderaron los proyectos utilizando la metodología VPI indicada anteriormente, y estos resultados pueden verse en la Tabla 5.

Tabla 5: Valoración y Premios

Mención	Grupo e Idea
Racionalidad y Facilidad de implementación:	Se valoró particularmente el análisis de la situación actual, la coherencia del proyecto con su entorno continiente y los aspectos de ingeniería en su relación con la sociedad GRUPO Full Track
Impacto económico de la sociedad:	Se valora en particular la integración del NOA con sus vecinos nacionales e internacionales, a la vez de la novedad en el sistema "no-stop" propuesto, de interesante desafío tecnológico GRUPO: SFV Sistema Ferroviario Latinoamericano
Mejor ingeniería del Proyecto:	Se valora el análisis técnico (mecánico, eléctrico e informático) de la propuesta, en la que convergen un manejo racional de cargas, la utilización de estructuras existentes y un sistema informático soporte GRUPO: Translev
Creatividad	Se valora la utilización de sistemas novedosos, vinculados a su vez de forma creativa, usando esta misma creatividad para resolver problemas de índole económica que podrían surgir del proyecto, sin descuidar aspectos ambientales GRUPO: Translev
Impacto ambiental	Se valora la creatividad y la dinámica para realizar importantes apoyo en la gestión ambiental. La utilización de novedosos enfoques informáticos impresiona particularmente en este proyecto GRUPO GDA
Por lo tanto el primer premio, siendo el proyecto más completo es el de TRANSLEV	

5. CONCLUSIONES:

En este trabajo se ha propuesto una forma novedosa para la UNSTA de trabajar en el evento conocido como semana de la Ingeniería. El evento presentaba anteriormente dinámicas que no terminaban de integrar las distintas carreras. Como una primera conclusión importante pudo observarse que la actividad Desafío de la Innovación ha podido integrar con razonable éxito a las distintas carreras.

Una segunda conclusión que se manifestó en el trabajo fue el hecho de que los alumnos se esforzaron en la faz técnica del proyecto, llevando incluso a soluciones de elevada complejidad tecnológica. En contraparte, a excepción de uno de los trabajos, se ha observado un bajo análisis de los problemas de la gestión, diluyéndose algunas soluciones que podrían aportar significativamente.

Por otra parte, y con respecto a la metodología implementada, se observó que las dinámicas de integración entre las carreras que participan condicionaron la elección del método de solución propuesto, lo que puede llevar a pensar en una suerte de preparación previa al evento. También con respecto a la metodología pudo verse que las consignas no son fácilmente interpretables por el grupo, o bien que, en el auge de avanzar con la propuesta, los equipos no van siguiendo los formalismos de la actividad, lo que genera algunos malos entendidos. Se pensó en incluir un reglamento de la actividad para las próximas ediciones.

La metodología de evaluación se mostró como adecuada al momento de seleccionar las menciones y el ganador. De todas formas, se ha analizado la inclusión de un cuestionario de autoevaluación para las próximas ediciones, de manera de que los participantes puedan conocer su estado de situación y mejorar el desempeño en el transcurso del proceso.

Como conclusión final, la actividad se ha desarrollado de manera satisfactoria, los resultados fueron los esperados, aceptables para una primera edición. Se piensa que, con las mejoras estipuladas más adelante, se podrá elevar el nivel de participación y la calidad de los trabajos en próximas ediciones. También se espera mejorar la experiencia para los participantes.

4. REFERENCIAS.

- [1] Braidot, N.; Cesar, R.; González, V. (2015). *“Programa Regional de Emprendedorismo e Innovación en Ingeniería: una experiencia colaborativa para la promoción de la empresarialidad en carreras de Ingeniería”*. Ingeniería Solidaria, Vol. 11, N°18. Disponible en <http://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/view/992>, último acceso septiembre 2017
- [2] Mauricio Camargo, Laure Morel (2009) *Igniting Innovation in emerging countries some experiences within latin-american context* - International Association for Management of Technology - IAMOT 2009 Proceedings
- [3] Universidad del Norte Santo Tomás de Aquino (2017) *Reseña Histórica* - <http://www.unsta.edu.ar/resena-historica/> último acceso septiembre 2017
- [4] Pilar García Jordán (2012) *La Articulación del Estado en América Latina*, (eBook) Ediciones Univers Barcelona
- [5] Rodríguez Rey, J., Boly, V., Morel, L., Camargo, M., & Forradellas, R. (2012). *Innovation and growth in Argentinian SMEs: A key factors review*. Ciencia y Técnica Administrativa.
- [6] OECD. (2016). *OECD Science, Technology and Industry Outlook*. OECD Science, Technology and Industry Outlook. OECD Publishing.
- [7] Yoguel, G., & Boscherini, F. (1996). *La capacidad innovativa y el fortalecimiento de la competitividad de las firmas: El caso de las PyMEs exportadoras argentinas*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Buenos Aires.
- [8] Boly, V. (2008). *Ingénierie de l'innovation organisation et méthodologies des entreprises innovantes 2eme edition*. Paris: Hermes Science Publications. [9]
- [10] Boly V., Grandgeorges M. (2001) 48 heures pour faire vivre des idées, tout savoir pour organiser des modules. Unpublished manual. INPL
- [11] ESTIA, (2013) *“Rules – 24 hours of innovation”*, Retrieved 2/02/13 World Wide web, http://www.24h.estia.fr/sauv_24_guillaume/Public/reglement.php?lang=en
- [12] Jauré, María Florencia, Pinzón, Andrea, Braidot, Néstor (2016) *Rally Latinoamericano de Innovación en la UNGS: una experiencia para el desarrollo de competencias profesionales específicas en ingeniería* – Editorial UNGS
- [13] Hsu, C.-C. (2007). *The Delphi Technique: Making sense of consensus*. Practical Assessment, 1-8.
- [14] Gabriel A., Camargo M., Monticcolo, D., Boly V., Bourgault M. (2016) *Improving the idea selection process in creative workshops through contextualization* - Journal of Cleaner Production – (1503-1513)
- [15] Daniel Galvez, Mauricio Camargo, Julio Rodríguez, Laure Morel (2013) *PII-Potential Innovation Index: a Tool to Benchmark Innovation Capabilities in International Context* – Journal of Technology Management and Innovation, Volume 8, Issue 4
- [16] Sergio Tobón (2006) *Aspectos básicos de la formación basada en competencias* - Proyecto Mesesup, 2006

ACTIVIDADES DE TRANSFERENCIA Y EXTENSIÓN CON LA PARTICIPACIÓN DE ESTUDIANTES AVANZADOS

Onaine, Adolfo E. *; Ambrústolo, Mariela ⁽¹⁾; Migueles, Marina ⁽¹⁾

** Grupo Gestión Industrial*

⁽¹⁾ Grupo Mejora Continua, Calidad y Medio Ambiente

*Departamento de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.
Juan B. Justo 4302. Mar del Plata. Provincia de Buenos Aires
aeonaine@fi.mdp.edu.ar, marielaambrustolo@gmail.com*

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto describir experiencias de los Grupos de investigación y extensión "MEJORA CONTINUA, CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE" y "GESTION INDUSTRIAL", dependientes del Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, a través de Proyectos de Extensión Universitaria, Contratos de Asesoramiento y Asistencia Técnica; y Cursos de extensión insertos en Proyectos de Investigación en los cuales se contó con la participación de estudiantes avanzados de la carrera de Ingeniería Industrial.

La extensión y transferencia en el ámbito universitario es un mecanismo de propagación de capacidades, desarrollos tecnológicos, servicios y capacitación hacia diversos sectores sociales, ya sean productivos (de bienes o servicios) públicos o privados. A través de este mecanismo, queda materializado uno de los compromisos que la Universidad tiene con la sociedad en su conjunto: construcción de conocimiento para resolver las problemáticas que la aquejan.

El objetivo primario es el de impulsar el desarrollo y crecimiento de los diversos sectores de la sociedad mediante el contacto con los grupos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico.

Asimismo, estas actividades suponen para la Universidad una fuente inagotable de inspiración y desafíos de la vida real para canalizar sus esfuerzos de investigación.

Sumado esto, se puede agregar que las diferentes actividades realizadas en los grupos de investigación y extensión no sólo permiten la aplicación de resultados en la realidad emergente de las poblaciones objetivo-analizadas, sino que también proveen una fuerte experiencia práctica a alumnos avanzados próximos a obtener su título de grado, experiencia de difícil reproducción en el aula.

Finalmente, se debe remarcar la importancia de articular los organismos de Gobierno con la Universidad dado que las mismas no sólo contribuyen al crecimiento de ambas Instituciones, sino que impactan de manera positiva en la sociedad.

Palabras Claves: Transferencia, Extensión, Estudiantes avanzados.

ABSTRACT

The present work aims at describing the experience the following of research and extension groups: "CONTINUOUS IMPROVEMENT, QUALITY AND ENVIRONMENT" and "INDUSTRIAL MANAGEMENT", depending up on the Department of Industrial Engineering of the Faculty of Engineering of the National University of Mar del Plata, through Projects of University Extension, Agreement of Technical Assistance; and Extension courses inserted in Research Projects in which advanced students of Industrial Engineering e course of studies.

Extension and transfer in the university environment is a mechanism of propagation of capacities, technological developments, services and training to various social sectors, whether productive (of goods or services) public or private. Through this mechanism, one is of the commitments that the University has with society materializes: the bulding of knowledge to solve the problems that afflict it. The primary objective is to promote the development and growth of the various sectors of society through contact with research, innovation and technological development groups.

In addition, these activities provide the University with an inexhaustible source of inspiration and real-life challenges to channel its research efforts.

Furthermore, the different activities carried out in the research and extension groups not only allow the application of results in the emerging reality of the target populations analyzed, but also provide a strong practical experience for advanced students to obtain their degree, experience witch difficult is to reproduce in the classroom.

Finally, it is important to stress significance of articulating government agencies with the University, since they not only contribute to the growth of both Institutions, but also have a positive impact on society.

1. INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

Desde la Reforma de 1918, se ha planteado la *"misión social"* de la Universidad, que no es única, sino que se *"ramifica en una serie de actividades diferentes"*. Frondizi y Jaim Etcheverry [1], han planteado cuatro funciones concretas:

- la formación de profesionales, tanto en su capacidad técnica como en la *"conciencia social"*; la misión de *"...estudiar los problemas que afligen al país"*; en este sentido considera que *"...todos nuestros países (refiriéndose a América Latina) sufren males que la universidad puede y debe ayudar a solucionar"*.
- la preservación y enriquecimiento de la cultura, que tiene que ver *"con formar profesionales que sepan, disfruten y recreen su saber, lo que implica aprender a pensar, a analizar..."*
- el desarrollo de la investigación, tanto en ciencia básica o pura, como en ciencia aplicada o tecnológica
- ayudar a encontrar soluciones para los problemas de desarrollo de un país, a lo que Frondizi denomina *"problemas políticos"*, función imprescindible si se tiene en cuenta que la Universidad no puede permanecer aislada e indiferente *"frente a una situación que entorpece el progreso del país."*

El planteo precedente es manifestado por varios autores entre ellos, Krotsch [2], cuando cita a García Guadilla, quien expresa: *"... enfatiza la necesidad, que consideramos correcta, de superar el modelo de extensión para internalizar la problemática social en la estructura y el funcionamiento de las instituciones. Es cierto que el compromiso con lo social no puede ser un agregado; 'tiene que ser su razón de ser por lo menos en la universidad pública'."*

Vitarelli [3] destaca en uno de sus argumentos al estudiar la Universidad en América Latina que *"las prácticas macroeconómicas generan un clima de premios y castigos inherentes a un modelo pensado filosóficamente en la supremacía del individuo por sobre los intereses de grupos sociales y de las comunidades"* y esto ha generado según conceptos del mismo autor una de las tensiones entre la idea del sujeto productor de conocimientos y transformación de lo social versus a un individuo eficiente en la lógica del mercado de las profesiones. Todas estas problemáticas han hecho que por años la actividad extensionista se vea relegada en función de las otras misiones de la universidad.

Por otra parte, Fernandez Lamarra [4] señala que el modelo universitario argentino ha estado orientado por el modelo europeo donde se han jerarquizado las funciones de docencia e investigación, por sobre la extensión y la vinculación con el contexto y el sector productivo.

Estas políticas han marcado y delineado el accionar docente, pero en los últimos años ha surgido la necesidad de la universidad o más específicamente de algunos docentes de volcarse al medio a través de la extensión y de otras actividades, generando el desarrollo de los primeros pensadores sobre el rol de la universidad y de las exigencias de la sociedad que se pueden retomar de las ideas reformistas.

Cecchi et al [5], define esta mirada de la universidad sobre la sociedad como Compromiso Social Universitario y expresa: *"La universidad, a través de diversas modalidades y escenarios tiene concretamente, un diálogo directo con la sociedad, intentando diferentes instancias para lograr su transformación y favoreciendo, fundamentalmente, el logro de la equidad y justicia social"*. Él marca tres modalidades que, si bien se relacionan con demandas o necesidades sociales, tienen matices diferentes en su implementación.

- El Voluntariado que está centrado en la perspectiva solidaria, es el núcleo de todo proceso asociativo donde el actor social y agente de transformación presta servicios no remunerados en beneficio de la comunidad, donando su tiempo y conocimientos.
- Las actividades de Transferencia tuvieron su auge (en nuestro país) en el contexto de caída del estado de bienestar y las políticas neoliberales impulsadas fuertemente en los años 90, las universidades buscaron adaptarse a las mismas, haciendo frente al ahogo presupuestario al que fueron sometidas. Paulatinamente adquirieron importancia las modalidades de vinculación entre la universidad y la empresa.
- El concepto de Extensión Universitaria es la interacción entre la universidad y los demás componentes del cuerpo social, a través de la cual ésta asume y cumple su compromiso de participación en el proceso de creación de la cultura y de liberación y transformación radical de la comunidad nacional.

Se comprende que la Extensión hacia problemas sociales, puede hacerse desde cuatro planos diferentes:

- a) desde un grupo de investigación radicado dentro de la universidad;
- b) desde una cátedra, a partir del accionar docente;
- c) como staff de la universidad, en carácter de funcionarios de la misma;
- d) sin dependencia organizacional alguna, del estilo voluntariado.

Los autores mencionados, además, expresan que las acciones de extensión desarrolladas en las universidades todavía son muy nuevas, están atomizadas y aisladas, aunque algunas universidades en los últimos años han hecho muchos esfuerzos para organizarlas y

sistematizarlas. La actividad ha ido creciendo y esto se ve en el aumento del número de participantes en los congresos de extensión.

La Profesora Emérita de la Universidad de Buenos Aires Dra. Camilloni [6], expone que la universidad constituye un factor estratégico para promover el crecimiento económico, social y cultural y, por consiguiente, el bienestar de la población, resaltando que la universidad se encuentra entre las instituciones sociales creadoras de valor. De esta postura emana la capacidad de asumir su misión de formar en valores en sus dispositivos de docencia, investigación y extensión. Pero la realidad es que el gran debate sobre el compromiso social universitario está solamente en sus inicios. Por lo tanto la profesora propone que se deben asumir nuevos paradigmas:

- Alinear los programas de extensión en función de la visión de la universidad.
- Articular las acciones de extensión con las otras misiones de la universidad para contribuir a la solución de problemáticas sociales. Es decir, la investigación le permite conocer, diagnosticar e identificar las causas de los problemas y programar con eficacia las soluciones. La docencia debe formar graduados en condiciones de interactuar efectivamente en su entorno y facilitar la relación teoría-práctica.
- Desarrollar las actividades de extensión al interior de las carreras de grado con un enfoque social y ético. También indica que la Educación experiencial es una estrategia de enseñanza con enfoque holístico, que está destinada a relacionar el aprendizaje académico con la vida real. El alumno aprende en un marco en que se apunta al logro simultáneo de fines comunitarios y educativos.
- Buscar acuerdos y programas de colaboración con el Estado donde la función de extensión permita ser un instrumento para la toma de decisiones en una comunidad específica y no se desaprovechen las metodologías y el conocimiento desarrollado en el diálogo entre las universidades y la sociedad.

La Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP) desde su estatuto [7], establece que se debe *“incentivar en igual grado las funciones de Investigación y Extensión, consideradas como aspectos que deben integrarse y retroalimentarse en la labor académica en la Enseñanza”* en el Art.1 inciso j. De acuerdo a este artículo, en el Título IV se expone sobre la forma de implementar la extensión y en particular en el Art.13 explicita que la entiende como la vinculación Universidad-Sociedad.

En relación con la extensión, el Reglamento de Carrera Docente en su CAPITULO XVII - DE LA FORMACION EN EXTENSION [8] intenta fomentar la actividad estableciendo que:

- la Universidad debe garantizar la formación en extensión, facilitar mecanismos de comunicación que agilicen el intercambio de información y experiencias y que permitan unificar criterios y procedimientos.
- el docente formado en extensión debe ser capaz de promover la interacción de las tareas del extensionista con las actividades de docencia, investigación y gestión; cómo evaluar su impacto; elaborar estrategias de transferencia del conocimiento producido por la Universidad al medio; proyectar la imagen institucional tanto en su estructuración interna como en inserción social.
- la evaluación de toda tarea de formación en extensión debe contemplar un control permanente de los proyectos y actividades en carácter de extensionista, la vinculación con el medio, la especificidad de la participación de la Universidad en los mismos, el impacto sobre la sociedad, la factibilidad y la generación de recursos humanos en esta tarea.

Desde otro punto de vista, Onaine et al [9] expresan que la transferencia en el ámbito universitario puede considerarse un mecanismo de propagación de capacidades, desarrollos tecnológicos, servicios y capacitación hacia diversos sectores sociales, ya sean productivos (de bienes o de servicios) públicos o privados y de gobierno. A través de este mecanismo, queda materializado uno de los compromisos que la universidad tiene con la sociedad en su conjunto: el aporte de conocimientos para resolver las problemáticas que la aquejan.

Se debe remarcar la importancia de articular los organismos de Gobierno con la Universidad dado que las mismas no sólo contribuyen al crecimiento de ambas Instituciones, sino que impactan de manera positiva en la sociedad. Basado en el triángulo de Sabato [10] se presenta en la figura 1 las interrelaciones en Gobierno-Universidad-Sociedad. En este último sector del mencionado triángulo se incluyen las Empresas.

El objetivo primario es el de impulsar el desarrollo y crecimiento de los diversos sectores de la sociedad mediante el acceso al conocimiento y experiencia de los grupos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico. Ese reconocimiento a la universidad por parte de los sectores sociales se ve promueve una mejora continua de los productos y servicios que reciben a través de los organismos de gobierno y las empresas públicas o privadas.

El contacto directo con las empresas, el gobierno y la sociedad en su conjunto suponen para la Universidad una fuente inagotable de inspiración y desafíos de la vida real para canalizar en sus líneas de investigación, la creación de nuevas líneas y el enriquecimiento de la formación universitaria de los alumnos de ingeniería a través de las experiencias en trabajos de campo.

En sentido inverso la universidad permite la modernización de los organismos de gobierno y les brinda resultados avalados científicamente para permitirles la toma de decisiones y la sociedad

recibe profesionales de mejor preparación para insertarse en ella y valoriza la importancia de la universidad pública y gratuita en la mejora de su calidad de vida, de acuerdo con Onaine et al [9].

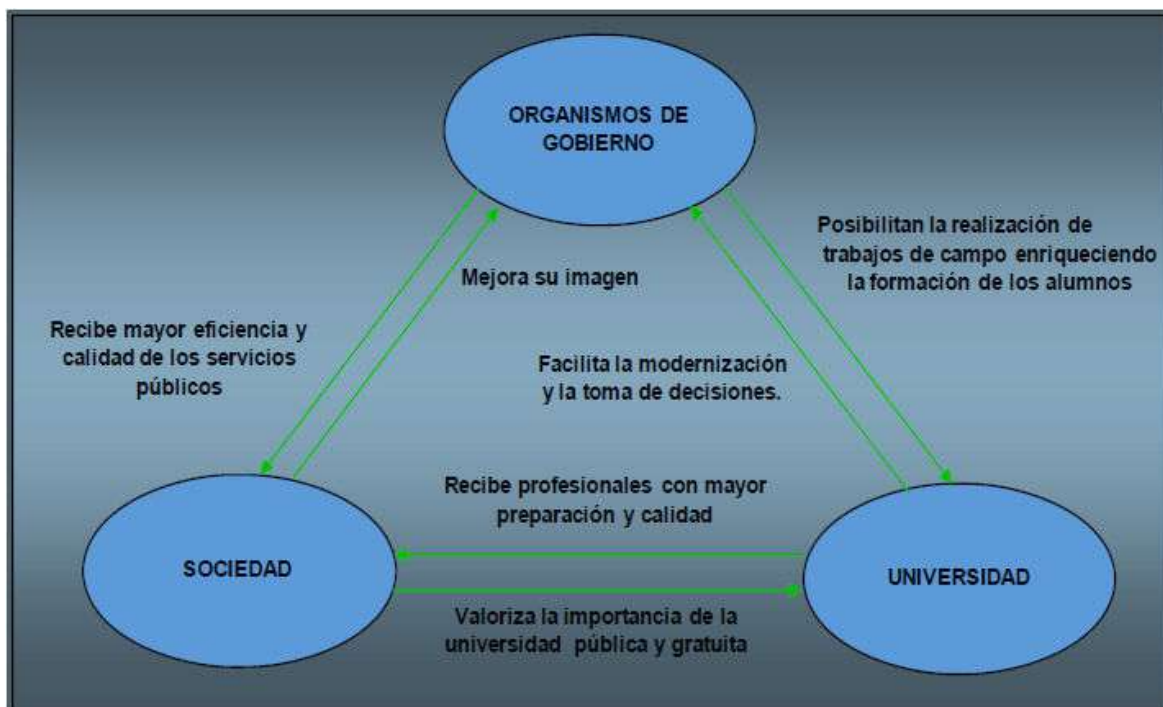


Figura 1 Interrelación Universidad-Gobierno-Sociedad.
Fuente: Onaine et al [9]

A su vez la UNMdP en el Art1 inciso i de su estatuto [7], establece que se debe “promover la transferencia de conocimientos y tecnologías a la comunidad a la que pertenece, con una perspectiva participativa, con el fin de mejorar la calidad de vida de sus habitantes y fortalecer la identidad nacional”. De acuerdo con este artículo, en el Título V.- De la vinculación y Transferencia Tecnológica – Art18 explicita que “la Universidad, integrante del sistema nacional de innovación, promoverá y fortalecerá la relación entre el sector científico-tecnológico y organismos públicos e instituciones privadas. Dicho vínculo se define en función de la transferencia de saberes y conocimiento obtenidos como resultado de las investigaciones generadas en el ámbito de la Universidad y su apropiación por parte de la Sociedad”.

En este camino, el Departamento de Ingeniería Industrial (DII) está trabajando en distintos proyectos a través de los grupos de investigación y extensión.

Es por ello, que el presente trabajo tiene por objeto describir experiencias de transferencia y extensión realizadas en los Grupos de investigación y extensión “MEJORA CONTINUA, CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE” y “GESTION INDUSTRIAL”, dependientes del DII de la Facultad de Ingeniería (FI) de la UNMdP, a través de **Proyectos de Extensión Universitaria, Contratos de Asesoramiento y Asistencia Técnica y Cursos de Extensión** insertos en Proyectos de Investigación en los cuales se contó con la participación de estudiantes avanzados de la carrera de Ingeniería Industrial.

El alcance del trabajo se ajusta a 3 actividades de extensión y transferencia desarrolladas en el mencionado departamento:

- El Proyecto de Extensión Universitaria “Diagnóstico y mejoramiento de los procesos en una organización de la salud” se presentó aceptando las bases de la convocatoria de la UNMdP establecidas en RR N°1335/2014, y el Hospital Subzonal Municipal “Dr. Felipe A. Fossati” de la ciudad de Balcarce, Provincia de Buenos Aires y fue desarrollado por el Grupo MEJORA CONTINUA, CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE.
- El Contrato de Asesoramiento y Asistencia Técnica entre el Municipio de Mar Chiquita en la Provincia de Buenos Aires y el Grupo de investigación y extensión GESTIÓN INDUSTRIAL tuvo como objeto de la realización de un Censo Productivo para relevar las necesidades de las empresas del Partido. El equipo de trabajo fue conformado por el integrante del grupo y estudiantes avanzados contratados mediante Becas de Estímulo a las Actividades de Transferencia (BEAT).
- Taller de extensión: “Programa Despertar para organizaciones” en el marco del Proyecto de Investigación “Estudio del grado de desarrollo y aplicación de las técnicas de gestión de la calidad y ambientales en empresas regionales”. del Grupo MEJORA CONTINUA, CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE.

2. METODOLOGÍA

2.1. Instrumentación de cada uno de los proyectos

El desarrollo de los diferentes proyectos se vio facilitado por los diversos instrumentos institucionales mencionados de PPS y BEAT.

En el caso del Proyecto de Extensión Universitaria “Diagnóstico y mejoramiento de los procesos en una organización de la salud” el mismo fue evaluado y aprobado por una convocatoria a nivel Universidad y quedó en cuarto lugar con un puntaje de 9,37 y fue subvencionado por la Secretaría de Extensión Universitaria. El mismo fue desarrollado en 2015/2016 por un equipo de trabajo integrado por ingenieros, psicólogos y 4 estudiantes avanzados que realizaron su Práctica Profesional Supervisada (PPS), requisito Académico incorporado en los Textos Ordenados de los Planes 2003 de todas las carreras de grado de Ingeniería establecido por Ordenanza del Consejo Superior de la Universidad Nacional de Mar del Plata, OCSN°727/2010. [11]

El Contrato de Asesoramiento y Asistencia Técnica entre el Municipio de Mar Chiquita en la Provincia de Buenos Aires y el Grupo de investigación y extensión GESTIÓN INDUSTRIAL se gestionó a solicitud del entonces Secretario de la Producción y graduado de nuestra Facultad y tuvo como objeto de la realización de un Censo Productivo para relevar las necesidades de las empresas del Partido desarrollándose en el año 2016. El equipo de trabajo fue conformado por el ingeniero Onaine y 4 estudiantes avanzados contratados mediante BEAT, establecidas por Ordenanza del Consejo Académico de la FI, OCA N°111/2016 [12]. Los estudiantes avanzados para poder acceder a dichas becas debieron acreditar la condición de alumno activo y presentar currículum vitae y analítico parcial ante la Secretaría de Transferencia y Extensión. Para su selección se crea una Comisión Evaluadora conformada por un docente regular de la FI y el responsable del contrato Asesoramiento y Asistencia Técnica. Para determinar el orden de mérito se contemplaron: promedio académico, grado de avance en la carrera y actitud de trabajo en equipo.

El “Programa Despertar para organizaciones” es un Taller de extensión en el marco del Proyecto de Investigación “Estudio del grado de desarrollo y aplicación de las técnicas de gestión de la calidad y ambientales en empresas regionales” aprobado por el Consejo Académico de la Facultad de Ingeniería (CAFI). El mismo fue desarrollado por el Grupo MEJORA CONTINUA, CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE y 7 estudiantes avanzados que realizaron su PPS en el mismo en las Ediciones 1 (2014/15) y 2 (2016/7). El Taller se planificó de esta forma con el objetivo de iniciar a las empresas en las herramientas básicas de la calidad 5s y luego se realizó el seguimiento de la implementación de las mismas en los sectores pilotos elegidos por las organizaciones.

Los estudiantes avanzados que participaron en los proyectos a través de PPS lo hicieron mediante una convocatoria del DII y fueron evaluados de acuerdo a sus antecedentes (CV y analítico parcial) y cualidades personales que aportaran al logro de los objetivos.

2.2. Procedimientos y herramientas empleados por los alumnos

En todos los casos, la participación activa de los estudiantes en el equipo interdisciplinario permite acercarlos a la práctica del futuro desempeño profesional. Dicha participación se realizó con dos formatos, como se ha mencionado, mediante PPS con una carga total de 200 horas y BEAT con una carga total de 280 horas.

En las diferentes modalidades, los estudiantes pusieron en práctica los conocimientos adquiridos para el desarrollo de diferentes competencias:

- En el área de Organización y Dirección Industrial se trabajó con Reconocimiento y comprensión de modelos productivos (lineales, paralelos). Relevamiento de procesos (utilización de diagramas de flujo, diagramas de flujo cruzados, entre otros). Estudio de tiempos. Análisis de procesos. Mejoramiento de procesos.
- En cuanto a Informática en la Empresa se utilizaron los conocimientos de softwares tales como planilla de cálculo para el análisis de datos y creación de gráficos; y base de datos para la creación de bases de datos de acuerdo a las necesidades planteadas.
- Con referencia a Gestión de la Calidad se aplicaron conocimiento en Mapeo de procesos; Análisis de gráficos estadísticos; Determinación de causas principales de los problemas y propuestas de acciones correctivas; Implementación de las propuestas de mejora; y Elaboración de documentación. Análisis de cultura organizacional, modelos mentales y gerenciamiento del cambio. Además, se implementaron Herramientas 5s (Organización, Orden, Limpieza, Estandarización y Disciplina)
- De Estadística Básica aplicaron conceptos como media y desviación estándar de una muestra; Gráficos de Frecuencia e Histogramas.

Dentro de las habilidades que se desplegaron podemos destacar: trabajo en equipo, observación directa, investigación y uso de lenguaje apropiado para la elaboración del manual y el informe técnico.

3. DESARROLLO

En el Proyecto de Extensión Universitaria “Diagnóstico y mejoramiento de los procesos en una organización de la salud” se tomó contacto con la realidad de gestión de una organización de salud pública. Se capacitó a diferentes agentes en técnicas básicas de calidad como estudio de procesos, trabajo en equipo y herramientas 5S. Estas últimas permiten planificar un lugar de trabajo ordenado, limpio y bajo condiciones estandarizadas. Con su aplicación se busca el compromiso del personal para organizar el lugar de trabajo y mantener la disciplina necesaria para llevar a cabo una buena tarea. El programa de capacitación e implementación de las 5S fue desarrollado por el grupo y está basado en las prácticas internacionales japonesas.

Se realizó un mapeo de procesos, se estudió el *lay-out* y se focalizó el análisis en una problemática elegida por el centro de salud: asignación de turnos. Los estudiantes participaron del estudio y relevamiento de los procesos.

Los estudiantes se trasladaban periódicamente a la ciudad de Balcarce para la realización del trabajo en días y horarios acordados con la dirección del establecimiento de salud que no interfirieran con las actividades propias y de estudio. Luego se realizaba el seguimiento a través de reuniones en la FI con el equipo de trabajo y por diferentes medios de comunicación.

El Contrato de Asesoramiento y Asistencia Técnica entre el Municipio de Mar Chiquita en la Provincia de Buenos Aires y el Grupo de investigación y extensión GESTIÓN INDUSTRIAL tuvo como objeto de la realización de un Censo Industrial, que luego pasó a ser Productivo al incorporar a todas las actividades comerciales y de servicios, para relevar las necesidades de las empresas del Partido. Con la información recabada la gestión de gobierno pretende diseñar políticas para ayudar al crecimiento del municipio y poder satisfacer las necesidades de sus industrias y comercios.

En este caso, la tarea de los becarios fue el relevamiento, a través de un formulario preestablecido y validado por la Secretaría de la Producción, de las empresas industriales, comerciales y de servicios y en paralelo la confección de una base de datos donde estuvieran volcados los resultados y, en adelante, el Municipio podría consultar y actualizar la información de las empresas y comercios relevados con suma facilidad.

Previo al relevamiento y desarrollo de la base de datos, y luego de haber sido validado el formulario para el censo, se realizó una capacitación sobre el contenido de las entrevistas y un *role playing* para simular posibles situaciones que pudieran presentarse en esa etapa.

Para concretar el censo, que tuvo una duración aproximada de casi dos meses, los estudiantes visitaron Mar Chiquita, Santa Clara del Mar, Mar de Cobo y Coronel Vidal. El traslado en la mayoría de los casos se realizó con personal del municipio y en horarios que no afectara su actividad académica por lo cual se organizaron de forma de cubrir un horario que les permitiera abarcar el máximo de empresas en funcionamiento con lo cual se incluyeron fines de semana. La etapa de confección de la base de datos, paralela al censo, se realizó en dependencias de la FI, al igual que la carga de datos y el informe final. La comunicación permanente se realizaba por grupo de WhatsApp y semanalmente se llevaron a cabo reuniones del equipo de trabajo que periódicamente se ampliaban con la participación del Director y/o el Secretario de la Producción del municipio.

En el Taller de extensión: “Programa Despertar para organizaciones” en el marco del Proyecto de Investigación “Estudio del grado de desarrollo y aplicación de las técnicas de gestión de la calidad y ambientales en empresas regionales” se capacitó en las herramientas básicas 5S y se realizó el seguimiento y medición de los avances en la implementación de un área piloto en las organizaciones participantes. Los estudiantes avanzados participaron en la capacitación en la FI, realizaron el diagnóstico inicial y la continuidad de las acciones implementadas por las empresas proponiendo sugerencias y midiendo el grado de avance de las mismas. Esta actividad se desarrolla a través de visitas y entrevistas en las instalaciones propias de las organizaciones involucradas. El seguimiento se realiza a través de reuniones periódicas con el equipo de extensión, entrega de informes y seguimiento documental a través de Google Drive.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis de los diferentes instrumentos, inicialmente se describirá en forma sintética los principales resultados obtenidos de los diferentes proyectos desarrollados.

4.1 Resultados del Proyecto “Diagnóstico y mejoramiento de los procesos en una organización de la salud”

En el mismo se brindó capacitación a diversos agentes de las diferentes secretarías de la institución, personal de administración y facturación, farmacia y enfermería en relación a las temáticas “5’s”, “Estudio de los Procesos” y “Trabajo en equipo”.

Se relevaron las distintas áreas del Hospital a través de captura de fotos y recopilación de información que dio lugar al desarrollo del “Mapeo de los Procesos” del Hospital, una evaluación de las “5’s” y un diagnóstico general, lo que permitió efectuar propuestas de mejora teniendo en cuenta los resultados obtenidos.

A partir del panorama general se realizó foco en los procesos de ingreso de pacientes (por guardia, por consultorios externos, por estudios de imágenes y cirugía) generándose los diagramas de flujo. Adicionalmente se generó un estudio de tiempos y se realizaron propuestas de mejora.

Actualmente se está terminando el Informe para la institución que ha tenido cambios de gestión políticos e institucionales.

La implementación de las herramientas transferidas en gran parte se debió a la adopción personal de las mismas y no a un planteo institucional.

Se espera que, con la asunción del nuevo director, se puedan tomar las sugerencias propuestas por el equipo de trabajo en forma global.

4.2 Resultados del Contrato de Asesoramiento y Asistencia Técnica en Mar Chiquita

Si bien no podemos precisar datos, ya que existe confidencialidad, hasta que el municipio no lo haga público, podemos expresar que la mayoría de los establecimientos relevados corresponden a los sectores Comercial y de Servicios constituidos por firmas individuales con prevalencia de monotributistas en sus distintas categorías y con tipo de administración familiar. La información relevada fue volcada en una base de datos entregada con un manual de ayuda para el usuario.

Para realizar las entrevistas en días y horarios que permitieran censar la mayor cantidad de actividades se conformó un excelente equipo de trabajo logrando una actitud sumamente colaborativa.

Los estudiantes en particular reforzaron y ampliaron sus conocimientos de herramientas como planilla de cálculo y base de datos y aquellos relacionados a la confección de manuales e informes técnicos. Para ellos, fue todo un desafío la coordinación y organización para dividir las tareas y finalizar con el proyecto satisfactoriamente que los hizo a crecer como equipo. Se suma a ello la experiencia enriquecedora de estar en contacto directo con la gente y sus necesidades, algo que no acostumbraban a hacer durante la carrera.

4.3 Resultados del “Programa Despertar para organizaciones”

Respecto al Programa Despertar, en el primer Taller participaron 18 empresas y 2 áreas internas de la FI, las mismas en su mayoría son PYMEs.

El personal que participó fue variado respecto al tipo de trabajo y cargo dentro de la organización, pero cada participante debió involucrar a su grupo de trabajo para la implementación del mismo.

En la figura 2, puede observarse el autodiagnóstico que refleja el estado inicial antes de la implementación de las 5 s en las empresas, donde el promedio está representado por un cuadrado con sus desviaciones máximas y mínimas. Luego, el cursor romboidal muestra los promedios obtenidos por las organizaciones a partir de la implementación del programa y sus desviaciones a través de triángulos. Como se observa en la misma, se destaca un gran avance en las primeras herramientas y un crecimiento más conservador en el resto. Esto se debe a que las mismas requieren de mayor tiempo para la implementación y un mayor involucramiento en la cultura organizacional.

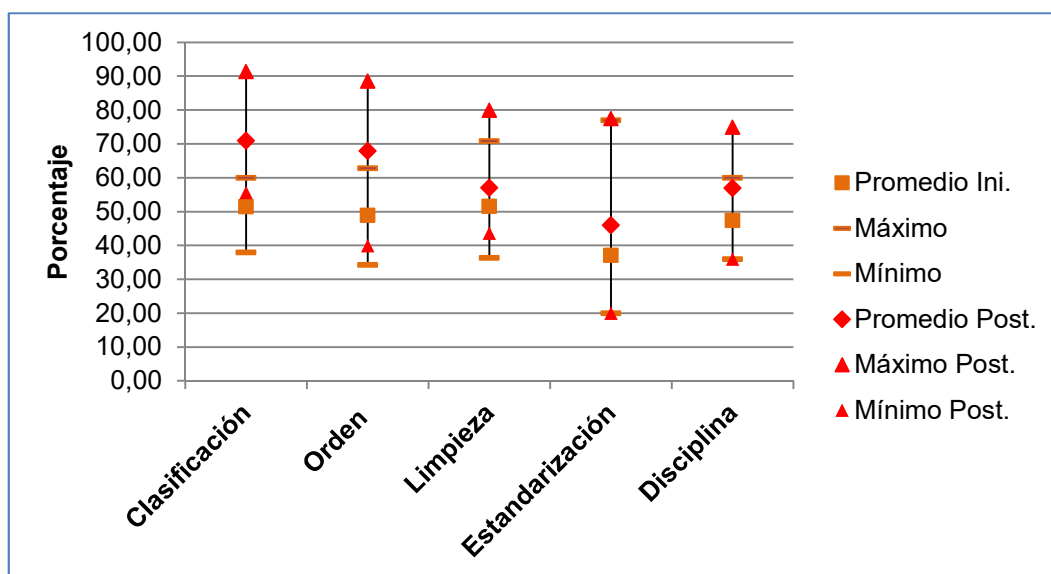


Figura 2 – Comparación de los estados Inicial y Posterior a la Implementación del Programa Despertar
Edición 1. Fuente: elaboración propia

A pesar de que el 60% de las empresas posee un sistema de gestión de la calidad no se aprecia un alto nivel de estandarización y disciplina excepto en una de las empresas que cuenta con un completo sistema documental y genera un punto máximo de estandarización elevado.

El partir de un estadio intermedio inicial les permitió a todas las organizaciones desarrollar planes de trabajo para la implementación en un sector piloto para cada organización.

De 20 organizaciones que comenzaron el programa, cuatro desertaron no completando el taller. La totalidad de las restantes realizó el autodiagnóstico de las cuales el 69% completaron el curso y realizaron el seguimiento. El 44% de las entidades participantes implementaron efectivamente el Programa constituyendo un 61% de los asistentes al curso. Se evidenció que cuando fue el grupo de trabajo de la organización el que participó del taller y no solamente un representante, los resultados fueron más positivos.

En la segunda edición del Programa despertar participaron 28 personas de 10 empresas y 1 proyecto interno de la FI con características similares a la primera edición.

En la figura 3 puede observarse la situación inicial de las organizaciones donde presentan un nivel menor al 50% respecto a la caracterización de los lugares de trabajo, aún menores que en la edición anterior, aunque con una mayor dispersión.

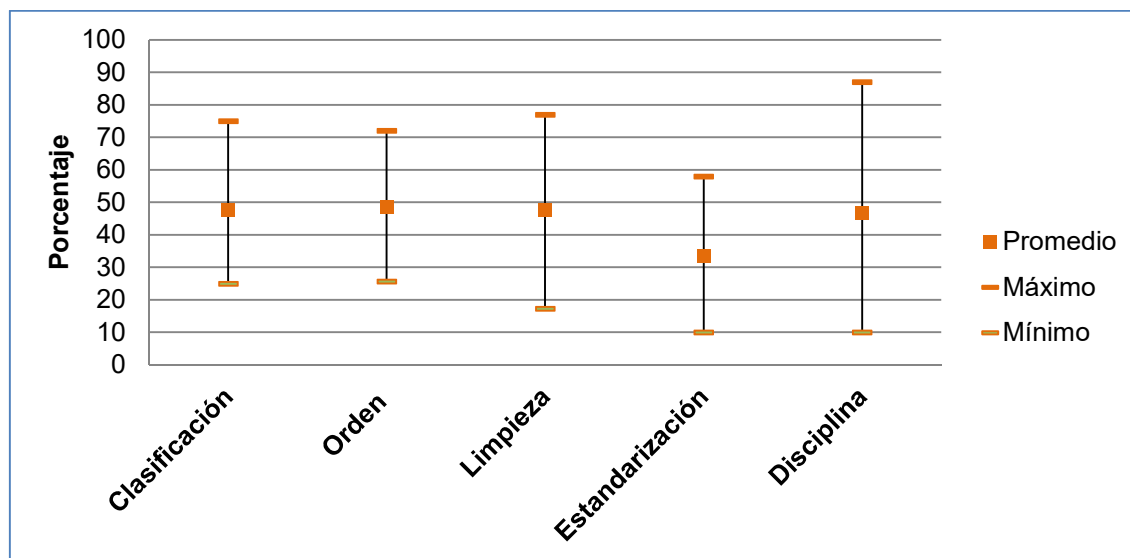


Figura 3 – Estado Inicial de la Evaluación del Programa Despertar Edición 2
Fuente: elaboración propia

Debido a que el proyecto aún continúa, todavía no pueden mostrarse los resultados finales, aunque puede mencionarse que el 50% de las organizaciones ha generado un gran avance respecto al estado inicial generándose un gran cambio en los lugares de trabajo y en la sistematización de los procesos, un 30% continúa trabajando en forma sostenida y al 20% restante le ha resultado más complejo implementar el Programa y presenta un estadio incipiente.

De todas formas, a partir de la primera experiencia y del seguimiento de lo ya realizado en la segunda edición se observa que un gran porcentaje de las empresas comprenden las herramientas enseñadas, generan propias estrategias de implementación y adaptan las mismas a las necesidades propias.

4.4 Análisis comparativo

Dentro de las cuestiones a abordar en el análisis de los diferentes procesos de interacción universidad – sociedad, se destaca en forma muy positiva el trabajo de conexión con las diversas empresas y organizaciones.

También es importante resaltar que cuando las actividades de extensión y transferencia se realizaron en empresas, los resultados de los proyectos fueron más eficientes en los casos que se contaba con el apoyo institucional de las mismas.

Otro aspecto a tener en cuenta es que las organizaciones le dan mayor importancia a su participación cuando se toma contacto directo con la Universidad y cuando las actividades se realizan en instalaciones de la misma y las personas se aíslan de sus rutinas diarias. Esto permite un mayor aprovechamiento de los proyectos y los recursos.

Respecto a las dificultades, podemos mencionar que al trabajar con instituciones diferentes, los medios de comunicación y los tiempos de trabajo pueden resultar muy distintos. A veces la cultura organizacional y los diversos métodos de toma de decisiones dificultaron el desarrollo de los cronogramas en los proyectos.

Adicionalmente, analizando la participación de estudiantes avanzados en los proyectos estudiados, ésta ha sido muy efectiva ya que no sólo las empresas y organizaciones involucradas han valorado su contribución, sino que los grupos de trabajo pudieron aprovechar la energía y sinergia desarrollada por los mismos.

De todas maneras, pudo observarse particularidades diferenciadoras de acuerdo con las características personales de cada estudiante. Algunos estudiantes, presentaron mayor autonomía en el desarrollo de las actividades mientras que otros requirieron un seguimiento más pautado y detallado para el logro de los objetivos.

Otro aspecto para resaltar es que, a un grupo de estudiantes, aunque minoritario, les costó adaptarse para enfrentar obstáculos que normalmente surgen en los proyectos: re-planificaciones, asignación de tiempos y acceso a la información. Sin embargo, la resolución de estos obstáculos se capitalizó en un aprendizaje significativo para los mismos.

4.5 Resultados en las experiencias de los estudiantes

En este apartado se presentan las opiniones que los estudiantes avanzados destacan de la experiencia en la participación de los proyectos desarrollados. Las mismas fueron extractadas de los informes entregados al supervisor de PPS y BEAT.

La mayoría de los estudiantes destaca las principales ventajas al realizar su práctica en este tipo de proyectos:

- Conocimiento de diversidad de empresas, instituciones, procesos y sus diferentes realidades.
- Relación con diversos profesionales, contacto con los actores directos y sus necesidades.
- Posibilidad de profundizar y consolidar herramientas, así como de generar propuestas de mejora.
- Intercambio y retroalimentación entre el grupo de investigación, los pasantes y las empresas generándose trabajo en equipo.
- Desarrollo de las habilidades de observación y comunicación.
- Evidenciar las amplias posibilidades laborales de un Ingeniero Industrial en las que pueden visualizarse los diversos escenarios donde transferir los conocimientos.

En otro aspecto, los estudiantes valoran la posibilidad de conocer las diversas actividades de la universidad formando parte de las mismas comprendiendo la función que va más allá de la formación de profesionales. En todos los casos los estudiantes vivenciaron las dificultades y estrategias aprendidas durante su carrera.

Dentro de los aspectos negativos pudieron mencionar:

- Desmotivación generada por las dificultades que se les presentaron.
- Necesidad de adaptación a los tiempos de las diferentes organizaciones.
- Inconformidad debido a que no todas las propuestas pudieron ser implementadas.
- Tiempo de duración de la práctica que les impidió observar todo el proceso y los resultados de los proyectos en los que fueron partícipes.

Sin embargo, el abordaje de estos aspectos también constituyó un aprendizaje valioso para su futuro desempeño profesional.

Respecto a las competencias desarrolladas los estudiantes concluyeron casi en forma unánime que su participación en los proyectos les permitió afianzar la responsabilidad y compromiso, la autonomía, el poder de observación, la capacidad analítica, la comunicación oral y escrita, y la capacidad para trabajar en equipo.

4.6 Consideraciones finales

Desde el punto de vista de evaluación de los proyectos, los equipos de extensión e investigación destacan el establecimiento de lazos con el sector productivo, la apertura para el desarrollo de las actividades y la realización de las PPS de los estudiantes involucrados como así también la sinergia de conocimiento logrados a través de esta interacción.

Con estas acciones conjuntas:

- Los organismos de gobierno posibilitan a la universidad el desarrollo de actividades de transferencia que permitan la creación de nuevas líneas de investigación y enriquecer la formación universitaria de los alumnos de ingeniería a través de las experiencias en trabajos de campo.
- La universidad permite la modernización de los organismos de gobierno y les brinda resultados avalados científicamente para permitirles la toma de decisiones.
- El sector productivo se aproxima a herramientas y conocimientos que le permiten mejorar sus prácticas, su desempeño y su rentabilidad.
- La sociedad recibe profesionales de mayor preparación y excelencia para insertarse en ella; mayor eficiencia y calidad de los servicios públicos y transparencia en la toma de decisiones de los organismos de gobierno; y valoriza la importancia de la universidad pública y gratuita en la mejora de su calidad de vida.

De esta manera se generó una vinculación entre la Universidad, las empresas, los organismos públicos y la sociedad de mutuo beneficio, ya que no sólo persigue resultados de aplicación en la realidad emergente de las poblaciones objetivo analizadas, sino que también provee una fuerte experiencia práctica a alumnos avanzados próximos a obtener su título de grado, experiencia de difícil reproducción en el aula.

6. REFERENCIAS

- [1] Frondizi, Risieri; Jaim Etcheverry, Guillermo. (2005). *La universidad en un mundo de tensiones: misión de las Universidades en América Latina*. Eudeba. Buenos Aires.
- [2] Krotsch, Pedro. (2001). *"Educación superior y reformas comparadas"*. Ed. Universidad de Quilmes, Quilmes.
- [3] Vitarelli, Marcelo (2010). *Educación superior y cambio: la universidad argentina entre tensiones y transformaciones*. 1a Ed. Buenos Aires: Mnemosyne
- [4] Fernández Lamarra, Norberto. (2002). *La Educación Superior en Argentina*. IESALC. Buenos Aires.
- [5] Cecchi, Néstor; Lakonich, Juan José; Pérez, Dora Alicia; Rotstein, Andrés. (2009). "El Compromiso Social de la Universidad Latinoamericana del Siglo XXI. Entre el debate y la acción". Instituto de Estudios y Capacitación de la Federación Nacional de Docentes Universitarios CONADU. Ediciones Suarez. Mar del Plata.
- [6] Camilioni, Alicia. (2010). Panel: "Calidad educativa y compromiso social desafíos de la extensión". *IV Congreso de Nacional de Extensión Universitaria - IX Jornadas Nacionales de Extensión Universitarias*. Mendoza. 10, 11 y 12 de noviembre de 2010.
- [7] Asamblea Universitaria de la Universidad Nacional de Mar del Plata. (2013). Resolución de Asamblea N°001/2013: REGLAMENTO DE CARRERA DOCENTE. Mar del Plata, 3/9/2013
- [8] Consejo Superior de la Universidad Nacional de Mar del Plata. (1993). Ordenanza de Consejo Superior N°690/1993: REGLAMENTO DE CARRERA DOCENTE. Mar del Plata, 23/11/1993
- [9] ONAINE, ADOLFO EDUARDO; GARCIA, JUAN CARLOS; MIRA, LIONEL. (2010) "Relevamiento y mejora de los procesos de limpieza en hospitales públicos". *Ide@s CONCYTEG 2010 - Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato. 2010 vol. n°63. p1054 - 1072. ISSN 978607950* Guajanato, México.
- [10] Sábato Jorge A. (1979) *Ensayos en campera* Juárez Editor. Primera edición. Buenos Aires.
- [11] Consejo Superior de la Universidad Nacional de Mar del Plata. (2010). Ordenanza de Consejo Superior N°727/2010: REGLAMENTO DE REALIZACIÓN DE LA PRACTICA PROFESIONAL SUPERVISADA (PPS). Mar del Plata, 06/06/2010.
- [12] Consejo Académico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata. (2016). Ordenanza de Consejo Académico N°111/2016: REGLAMENTO PARA BECAS DE ESTIMULO A LAS TAREAS DE TRANSFERENCIA (BEAT). Mar del Playa, 12/09/2016

Aplicación de metodologías activas en la enseñanza de la economía para estudiantes de ingeniería

Juarez, Marcelo*; Jäger, Mariano⁽¹⁾; Rouco, Carlos⁽²⁾

*Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de la Matanza.
Florencio Varela 1903, B1754EJC, San Justo, Buenos Aires, Argentina. mjuarez@unlam.edu.ar*

(1) mjager@unlam.edu.ar (2) crouco@unlam.edu.ar

RESUMEN

Este trabajo presenta la metodología implementada y los resultados obtenidos en una investigación sobre innovación educativa, desarrollada en 2016-2017 en la Cátedra de Economía del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (DIIT) de la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM), Provincia de Buenos Aires.

Con el objetivo de mejorar las trayectorias educativas de los estudiantes se elaboró un plan de trabajo que involucró la aplicación de estrategias didácticas, el desarrollo de planes de trabajo y el seguimiento continuo del proceso de enseñanza. Se implementaron metodologías activas en 7 comisiones de ingeniería de la UNLaM, durante dos años de desarrollo con 259 casos en los que se analizaron las ventajas de la implementación en términos de cantidad de alumnos aprobados.

La enseñanza basada en metodologías activas está centrada en el estudiante, en su capacitación en competencias propias del saber de la disciplina. Estas estrategias conciben el aprendizaje como un proceso constructivo y no receptivo, donde el aprendizaje autodirigido, es decir el desarrollo de habilidades metacognitivas, promueve un mejor y mayor aprendizaje. Durante un aprendizaje autodirigido, los estudiantes trabajan en equipo, discuten, argumentan y evalúan constantemente lo que aprenden y se interesan por el tema de estudio. Las metodologías activas utilizan estrategias para apoyar este proceso.

En función de los problemas observados en los estudiantes de Ingeniería de la UNLaM relacionados con la aplicación de conceptos económicos, los que tienen lugar en el contexto del mundo real o de la práctica profesional, es que se decidió construir una alternativa innovadora en la enseñanza de la ciencia económica aplicando las metodologías activas en el ámbito estrictamente de la ingeniería.

Palabras Claves: didáctica, economía, economía para ingenieros, metodologías activas.

ABSTRACT (Resumen en Inglés)

This document presents the methodology implemented and the results obtained in a research on educational innovation, developed in 2016-2017 in the Department of Economics of the Department of Engineering and Technological Research (DIIT) of the National University of La Matanza (UNLaM), from Buenos Aires.

With the objective of improving the educational trajectories of the students, a work plan was elaborated that involved the application of didactic strategies, the development of work plans and the continuous monitoring of the teaching process. Active methodologies were implemented in 7 engineering commissions of the UNLaM, during two years of development with 259 cases in which the advantages of the implementation in terms of the number of approved students were analyzed.

The teaching based on active methodologies is centered in the student, in his training in competences proper to the knowledge of the discipline. These strategies conceive of learning as a constructive and non-receptive process, where self-directed learning, that is, the development of metacognitive skills, promotes better and greater learning. During self-directed learning, students work together, discuss, argue, and constantly evaluate what they learn and are interested in the subject of study. Active methodologies use strategies to support this process.

Depending on the problems observed in UNLaM Engineering students related to the application of economic concepts, those taking place in the context of the real world or professional practice, it was decided to build an innovative alternative in the teaching of the economic science applying the active methodologies in the field of strictly engineering.

1. INTRODUCCIÓN

La irrupción de las nuevas tecnologías de información y comunicación modificó la forma de interrelacionarse de las personas, suponiendo retos tanto para la educación como para el aprendizaje. En esta línea y tal como afirma Casas [1], el paradigma clásico de la universidad no resulta muy congruente con las nuevas realidades y demandas sociales, y científicas, tanto actuales como futuras. De ahí la necesidad de embarcarnos a incorporar nuevos procedimientos metodológicos a emplear en la docencia.

De esta forma entendemos que es necesario rediseñar la forma de enseñanza en el aula, pasando de la clase magistral, cuyo objetivo era la transmisión del conocimiento, a otro contexto muy distinto de generación del conocimiento, en el cual el estudiante asuma un rol activo en la adquisición de nuevas nociones e ideas guiado y motivado por el docente.

En este sentido se han desarrollado una cantidad de enfoques metodológicos alternativos que pueden utilizarse. No obstante la metodología seleccionada debe estar en función de la organización de los contenidos y de la necesidad de desarrollar determinadas competencias y destrezas en los estudiantes.

En consecuencia surge la necesidad de que el docente elabore distintas formas de abordar el tratamiento de contenidos de la asignatura que favorezcan los procesos de construcción del conocimiento. Ello dependerá de la utilización en clase de prácticas metacognitivas, de los vínculos que establece en la clase a partir de las prácticas que se realicen, de la forma en que negocie significados, de las relaciones que establezca entre la práctica y la teoría.

Por otro lado, se busca crear una afinidad entre Ingeniería y Economía, buscando puntos de contacto en lo didáctico, es decir, que al mismo tiempo es aconsejable la utilización de Metodologías Activas en el grupo duro de materias logrando homogeneizar la tipología de estilos de aprendizaje.

Sin embargo, el cambio de un modelo de universidad tradicional, a un modelo actual que responda a las nuevas necesidades educativas y sociales, exige de un cambio de mentalidad en los docentes orientado a renovar las metodologías tradicionales y dirigir de esta forma, nuevos procesos que fomenten la autonomía del estudiante.

La enseñanza basada en metodologías activas es una enseñanza centrada en el estudiante, en su capacitación en competencias propias del saber de la disciplina. Estas estrategias conciben el aprendizaje como *un proceso constructivo y no receptivo*. La psicología cognitiva ha mostrado consistentemente, que una de las estructuras más importantes de la memoria es su estructura asociativa. El conocimiento está estructurado en redes de conceptos relacionados que se denominan redes semánticas. La nueva información se acopla a la red ya existente. Dependiendo de cómo se realice esta conexión la nueva información puede ser utilizada o no, para resolver problemas o reconocer situaciones [2].

En este escenario, en la Cátedra de Economía del Departamento de Ingeniería de la UNLaM hemos iniciado un proceso tendiente a conocer los posibles factores asociados al rendimiento académico recabando información y relacionando el rendimiento académico desde la perspectiva tanto de los actores, los alumnos, como de sus capacitadores, los docentes y así poder elevar el rendimiento académico.

En la actualidad es evidente que los cambios sociales y los avances científicos y tecnológicos difundidos por la globalización son determinantes en las nuevas tendencias educativas y sistemas de enseñanza en las universidades, ejemplo de ello podemos referir la aparición de nuevas profesiones relacionadas con las nuevas tecnologías de comunicación e información, confirmando así que la globalización ciertamente ejerce una enorme presión para este cambio.

En este marco, una de las tendencias en la educación que viene consolidándose es la economía, la cual demanda instituir carreras vinculadas al mercado laboral, planteando la necesidad de incorporar al comercio los servicios educativos de la enseñanza universitaria considerándola un factor importante en el crecimiento de la economía mundial en la óptica de que los servicios de enseñanza superior constituyen cada vez más una actividad empresarial a nivel internacional.

De esta forma un aspecto de suma importancia que se tomó en cuenta en el presente trabajo es el que establece que estas metodologías activas enfatizan que la enseñanza debe tener lugar en el contexto de problemas del mundo real o de la práctica profesional. Éste modelo pedagógico relaciona al alumno y al contexto profesional, en el que se desarrollará su competencia. La contextualización de la enseñanza promueve la actitud positiva de los futuros ingenieros hacia el aprendizaje y su motivación, lo que es imprescindible para un aprendizaje con comprensión. Permite además al estudiante enfrentarse a problemas reales, con un nivel de dificultad y complejidad similares a los que se encontrarán en la práctica profesional.

Otro aspecto de no menor importancia es que la implementación de metodologías activas genera un deseo genuino de proporcionar a los estudiantes una comprensión más profunda. En muchos casos los estudiantes simplemente recuerdan lo que necesitan saber para el examen y no logran establecer conexiones entre los temas. Las investigaciones han demostrado que los estudiantes retienen muy poco de lo que se les enseña en un formato de conferencia tradicional [3].

Entre los objetivos propuestos en el trabajo se encuentran:

- Interactuar y conocer los proyectos de innovación docente que se están desarrollando en la UNLaM primero y en el ámbito universitario general posteriormente.
- Poner en común y mostrar experiencias en la utilización de TICs integrándolas con otras formas metodológicas desarrolladas.
- Desarrollar estrategias innovadoras de enseñanza activa que fomenten y promuevan el aprendizaje significativo de los estudiantes.
- Valorar las repercusiones del uso de metodologías activas en el trabajo docente y en la recepción del alumno.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Economía es una materia que se dicta en el DIIT en el segundo año de las Carreras Ingeniero Industrial y Civil, en tercer año en Electrónica y para el último año en la carrera de Informática en el Plan 1997.

En general la metodología empleada en asignaturas de contenido económico está mayoritariamente basada en el método tradicional de la clase magistral, apoyada por ejercicios prácticos resueltos en el pizarrón ("chalk and talk"). Donde el profesor presenta el contenido teórico, expone y desarrolla ejemplos y propone ejercicios que el alumnado deberá resolver. Metodología utilizada con anterioridad en la cátedra y que resultaba poco motivadora para los alumnos, no favoreciendo el aprendizaje cooperativo, lo que impulsa la necesidad de modificar la relación del proceso enseñanza y el de aprendizaje. Por otro lado, se busca crear una afinidad entre Ingeniería y Economía, buscando puntos de contacto en lo didáctico, es decir, que al mismo tiempo es aconsejable la utilización de metodologías activas en el grupo duro de materias logrando homogeneizar la tipología de estilos de aprendizaje.

Todo esto nos llevó a reflexionar sobre la necesidad de modificar el modelo pedagógico prevalente, diagramando y diseñando la aplicación de metodologías activas de aprendizaje que motiven y doten al estudiante de herramientas diversas, no solo aquellas relacionadas con los contenidos del programa sino también a la aplicación y transferencia a partir del trabajo en equipo, en la búsqueda y análisis de información relevante, en la solución de problemas, casos y construcción de proyectos con autonomía.

En este nuevo contexto se incorporan a la cursada los siguientes recursos didácticos, que permiten fortalecer las capacidades lingüísticas cognitivas de los cursantes:

- a) estudio de casos,
- b) análisis de noticias periodísticas actuales,
- c) análisis e interpretación de informes económicos,
- d) elaboración de informes de lecturas,
- e) material multimedia que incluya publicidades y extractos de películas,
- f) lectura de comics relacionados al campo de estudio,
- g) speed dating, diseño y presentación de estrategias comerciales de posicionamiento de producto.

La metodología utilizada es de carácter mixto con un estudio de caso que abarca el universo de alumnos y docentes de la Cátedra de Economía de las Carreras de Ingeniería de la UNLaM.

Utilizadas las estrategias de enseñanza activa, se procedió a la recolección de datos empíricos desde el registro de observación directa, la entrevista semi-estructurada, encuestas y lectura de planificaciones, actividades y evaluaciones.

Los datos son relevados a través de:

- las "Planilla de cursada", provistas por el DIIT, donde figuran los datos de los inscriptos totales al cuatrimestre;
- las "Ficha de alumno", de elaboración propia, de la que se obtienen además de sus datos personales, formación secundaria y expectativas sobre la materia para identificar si cuentan con conocimientos previos económicos; y
- la "Encuesta de valoración de la asignatura", también de elaboración propia, la que tiene por finalidad el análisis los resultados de las metodologías activas utilizadas.

En cuanto a los instrumentos de seguimiento y evaluación, son de carácter individual y grupal, del tipo cualitativo y cuantitativo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados obtenidos durante el cursado de la asignatura Economía, de los ciclos lectivos 2016 (1er, 2do cuatrimestre y curso de verano) y 2017 (1er cuatrimestre).

Tabla 1 Alumnos evaluados en cursos de Economía 2016-2017

Curso	No asistieron a clases	Asistieron a más de 1 clase	Total Inscriptos	Total Evaluados	% Evaluados
1er. Cuat.2016 –TM	13	34	47	33	11%
1er. Cuat.2016 –TN	28	32	60	28	10%
2do. Cuat.2016 – TM	16	40	56	33	11%
2do. Cuat.2016 – TN	21	33	54	31	11%
Curso Verano 2017-TN	20	48	68	42	14%
1er. Cuat.2017 –TM	11	30	41	27	9%
1er. Cuat.2017 –TN	9	73	82	65	22%
Total		290		259	89%

Fuente: Elaboración propia

Donde:

TM= Turno mañana

TN= Turno noche

En la primera clase se le hace completar a cada estudiante la “Ficha de alumno”, que contempla además de sus datos personales, formación secundaria y expectativas sobre la materia para identificar si cuentan con conocimientos previos económicos.

En la finalización de cada curso se ha implementado una “Encuesta de valoración de la asignatura”, con la finalidad de analizar los resultados de las metodologías activas utilizadas.

Se realizaron la cantidad de 259 encuestas, que corresponde a aquellos alumnos que han llegado a completar y a finalizar la cursada de cada período. En cada uno de ellos existe en promedio una cantidad de alumnos que asciende al 29% que más allá de haberse inscripto originalmente, no se han presentado ni a clase ni a evaluaciones, encuadrados en la categoría ausentes, que nunca completaron la encuesta.

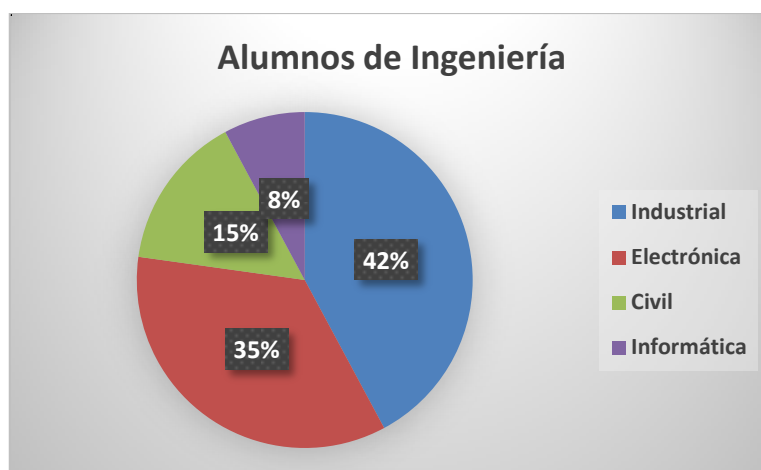


Figura 1 Alumnos de Carreras de Ingeniería
Fuente: Elaboración propia según datos del DIIT

De la totalidad de los alumnos que cursan Economía, corresponden un 42% a la Carrera de Ingeniería Industrial, el 35% a Electrónica, el 15% a Civil y el resto pertenecen a Informática Plan 1997. Según datos obtenidos el 59% de los alumnos tienen entre 19 y 24 años, mientras que 27% están entre los 25 y 32 años y el 14% restante tiene 33 años ó más.

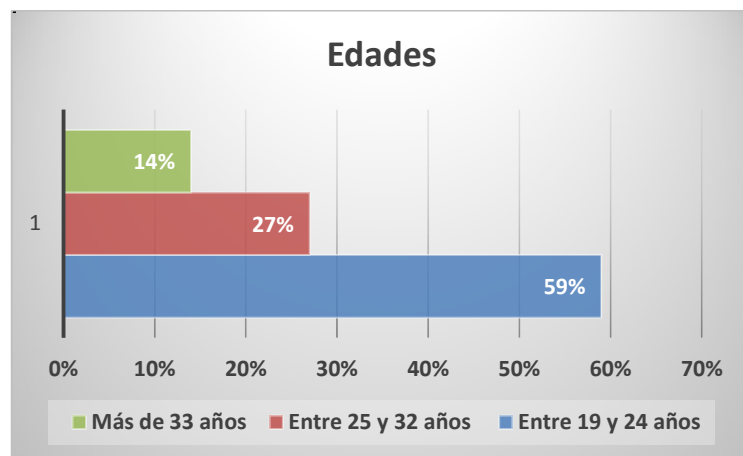


Figura 2 *Edades de los alumnos*
Fuente: Elaboración propia de datos obtenidos de la Ficha de Alumno

Respecto a su situación laboral, de los cursantes un 47% trabajan en relación de dependencia, el 27% trabaja por cuenta propia o está comenzando algún emprendimiento y el resto de los encuestados se dedica solamente a estudiar.

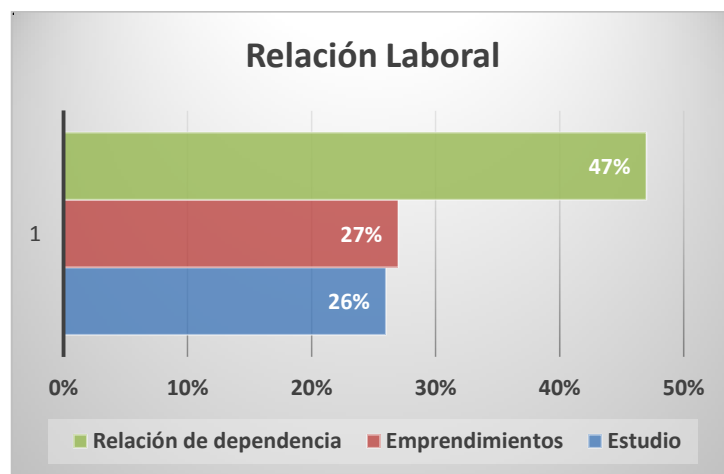


Figura 3 *Experiencia en el mercado laboral de los alumnos*
Fuente: Elaboración propia de datos obtenidos de la Ficha de Alumno

En cuanto a su instrucción económica previa en un 74% no ha tratado temas económicos con anterioridad, mientras que un 26% si lo ha hecho. Es de considerar que un alto porcentaje considera que la materia puede resultar de importancia en su formación académica; el resto que asciende al 22% considera que la materia sólo forma parte del currículum.

Asimismo sólo 12 los alumnos que comentaron que reciben o han recibido algún tipo de ayuda económica para realizar sus estudios. Esto permite concluir que el grupo de alumnos parte de un nivel de formación y conocimiento muy dispar, lo cual se ha tenido en cuenta a la hora de diseñar la metodología docente más adecuada para estas circunstancias.

A partir de estos datos, las encuestas recibidas y la observación directa se identificaron las siguientes unidades de análisis, clasificadas en las siguientes categorías:

- a) Dificultades en el aprendizaje de conceptos económicos

Los datos relevados a lo largo de la cursada a través de la "Evaluación de contenidos" realizada a los estudiantes, confirman que experimentan dificultades con el aprendizaje de conceptos económicos. Para ayudar a los alumnos a superar estos obstáculos que encuentran en el aprendizaje de la economía resulta primordial analizar las causas y razones que los crean.



Figura 4 Opinión sobre las razones que resulta difícil aprender conceptos económicos

Fuente: Elaboración propia de datos obtenidos de la Evaluación de Contenidos

Y es ahí donde resulta interesante que sean los propios alumnos que consideren que en un 75% sus conocimientos económicos previos resulten insuficientes. Que el carácter abstracto de los conceptos se identifique por un gran porcentaje 43% como una de las razones por la que les resulta difícil estudiar economía en carreras de ingeniería. Y en una misma línea un porcentaje importante de los alumnos evaluados, el 35%, declara no verle aplicación práctica en su carrera a la economía; a ellos se les suma, un 17% que sólo piensa en aprobar la materia y un 9% que no le interesa el estudio de la misma.

De los resultados presentados podemos deducir que las dificultades observadas más importantes pueden superarse con el uso de actividades que incorporen metodologías activas para que de esta forma acerquen y favorezcan la comprensión de los contenidos desde la práctica, en lugar de comenzar por la explicación teórica de conceptos abstractos, que permita a los alumnos comprender y asimilar los conocimientos impartidos por los docentes.

De la variedad de las actividades, la originalidad de las propuestas para evitar la rutinización desafiando los procesos cognitivos y el estímulo para que cada alumno se involucre de manera responsable en la concreción no tiene recetas, y forman parte del complejo y maravilloso oficio de enseñar [4].

b) Cambio de actitud de los alumnos frente al aprendizaje de los distintos contenidos económicos

Los contenidos a trabajar a lo largo de la cursada son dispuestos para la totalidad del curso y presentados de forma completa en el inicio de clases. Respecto al desarrollo de los mismos podemos identificar en la tabla siguiente los resultados obtenidos de acuerdo a las categorías relevadas durante los cursos.

Tabla 2 Desarrollo y presentación de contenidos

	En desacuerdo	En acuerdo	Muy de acuerdo
<i>Presentación y desarrollo de contenidos</i>	22%	52%	26%
<i>Relación entre contenidos teóricos y prácticos</i>	15%	65%	25%
<i>Ritmo de las clases</i>	52%	35%	13%
<i>Docentes capacitados</i>	5%	33%	62%
<i>Clima de trabajo entre pares</i>	35%	42%	23%

Fuente: Elaboración propia

Se presentan en altos porcentajes de concordancia en las categorías de: presentación y desarrollo de contenidos, 78% y su relación entre contenidos teóricos-prácticos, 90%. Los porcentajes de los

alumnos que no se encuentra de acuerdo se pueden contrastar con aquellos que no les resulta interesante la materia impartida.

Respecto al ritmo de las clases es un aspecto a considerar y a tener en cuenta por el alto porcentaje que asciende a un 52% en desacuerdo con la duración de las clases. Estos resultados obedecen que en distintas ocasiones hay temas y actividades que resultan más interesantes que otros, ya sea por su contenido, ya sea por su interpretación. En este sentido la forma de organización en el tratamiento diversificado de los contenidos, en los distintos tipos de secuencias que permiten vincular los contenidos enseñados retroactiva o prospectivamente con otros, modificaría el ritmo de las clases de enseñanza [5].

Para los alumnos la calificación hacia los docentes es muy importante, porque de ellos dependerá el entendimiento de los conceptos económicos trabajados, con un alto porcentaje entre acuerdos y muy de acuerdo que alcanza el 95%.

El último aspecto considerado en general y a lo largo de la cursada suele traer algunos inconvenientes (35%) y responde al compromiso y al clima observado en el trabajo colaborativo, sobre todo cuando se desarrollan las actividades de presentación obligatoria.

En general los alumnos apoyan la introducción de metodologías activas y participativas en la que el alumno se siente no sólo protagonista sino que también refuerza sus habilidades, destrezas y competencias ingenieriles a lo largo de la cursada. Estrategias que han promovido el aumento de interés, respecto de cursos anteriores, proporcionándoles de esta forma experiencias prácticas que contribuyan hacia una comprensión más abierta de los contenidos económicos impartidos.

c) Aprender a aprehender

De los recursos utilizados dentro del aula, algunas han obtenido mayor satisfacción respecto de otros por parte de los alumnos. Las tres más aceptadas son: el visionado de videos, publicidades y raps, 87%; el speed dating y la elaboración de las estrategias comerciales, 79%; y, el análisis de noticias periodísticas con el 76%. Estas técnicas han mejorado sustancialmente el aprendizaje fomentando la interacción y la comunicación grupal entre los alumnos. Los estudios de casos y los informes económicos participan con el 46% y el 39% respectivamente, los cuales favorecen la interpretación de la situación económica del país. Las menos elegidas responden a la elaboración de informes de lectura, 12% pensada para favorecer el acercamiento al vocabulario económico utilizado y los cómics, 9% que han obtenido una respuesta poco favorable por el poco tiempo empleado dentro de la cursada.

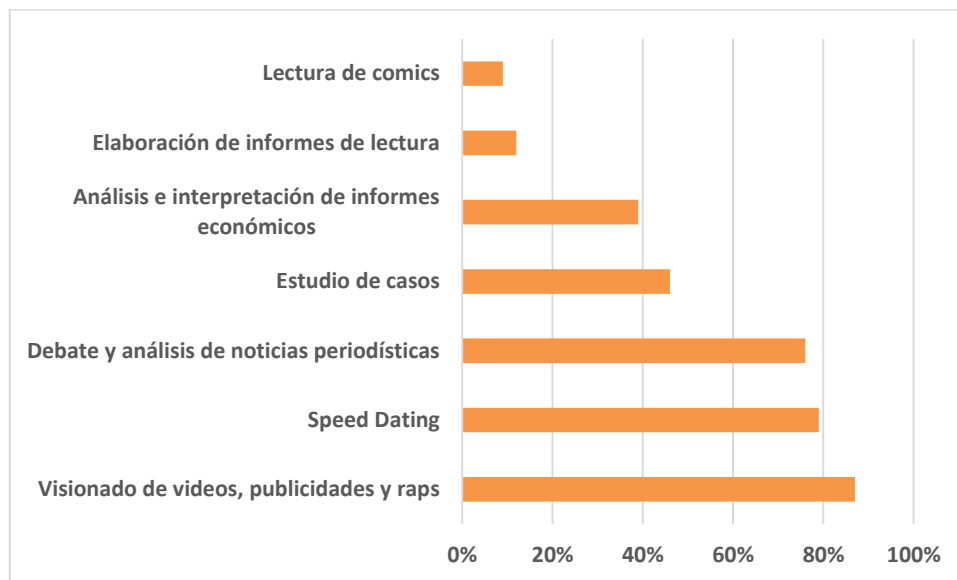


Figura 5 Metodologías utilizadas

Fuente: Elaboración propia de datos obtenidos de la Encuesta de Valoración de la Asignatura

El uso de las metodologías activas ha provocado diversas mejoras en la comprensión de la materia.

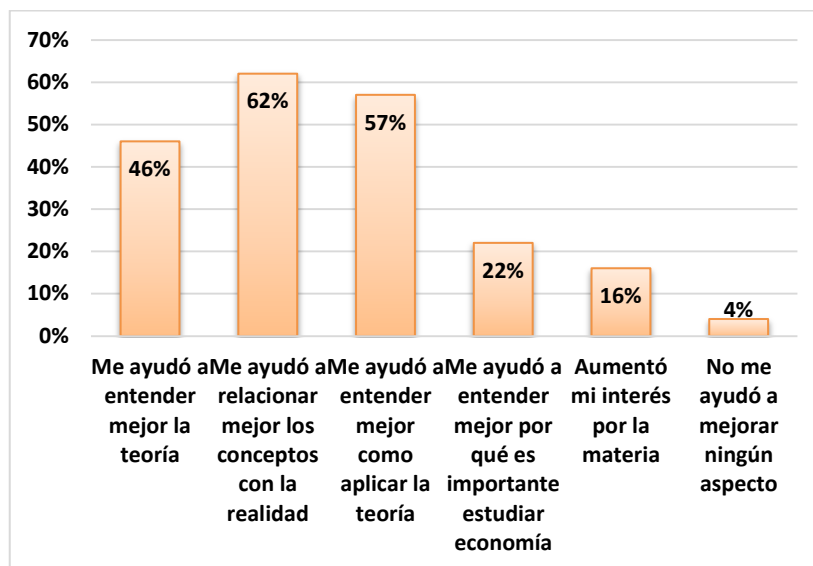


Figura 6 *Mejoras*

Fuente: Elaboración propia de datos obtenidos de la Encuesta de Valoración de la Asignatura

Es notable que las principales mejoras identificadas en el uso de recursos más elegidos por los alumnos, responde a relacionar mejor los conceptos con la realidad con el 62%. Al 46% le ayudó a entender la teoría, al 57% la aplicación práctica de los contenidos la teoría. En porcentajes menores ha provocado el interés por la materia, 16% y entender la importancia de la economía en las carreras de ingeniería en un 16%.

El uso de estos recursos provocan no sólo la motivación de los estudiantes sino también que mejoran la comprensión como así también refuerzan los aprendizajes, favoreciendo el autoaprendizaje, aunque los objetivos no se alcancen rápidamente.

Con relación a las desventajas de utilizar este tipo de estrategias se identifican el tiempo que se requiere para realizarlas medido tanto en horas clase, como también en horas extra clase. Desde el lado del docente, "Evaluación del docente", requieren un tiempo para la preparación del mismo importante (100%) y contar con los recursos necesarios para poder implementar el trabajo en el aula (55%), que no siempre son provistos por la institución. Desde el alumno, requiere en la mayoría de los casos tiempos extra clase (100%) y contar con los recursos necesarios (75%), para poder presentar un trabajo acorde a la necesidad planteada.

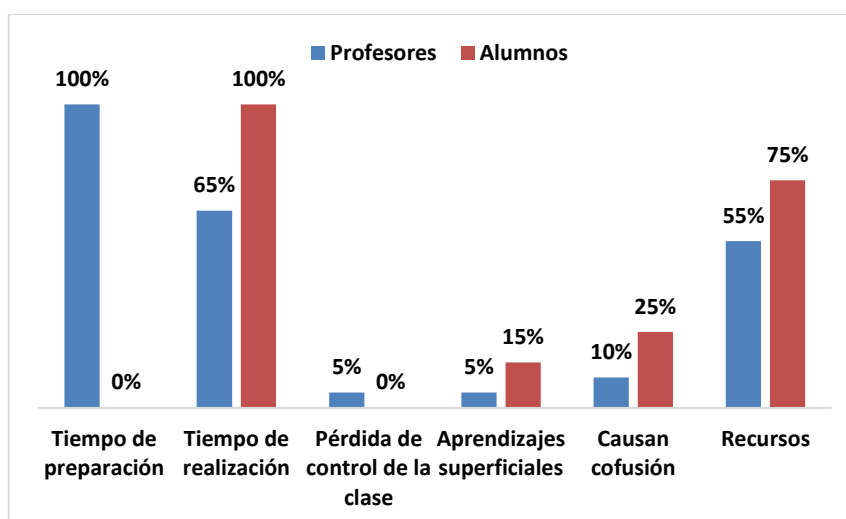


Figura 7 *Desventajas*

Fuente: Elaboración propia de datos obtenidos de la Encuesta de Valoración de la Asignatura y de la Evaluación del Docente

d) Evaluación de los aprendizajes

Las debilidades más frecuentes en el proceso de evaluación de aprendizajes, son las formas mecánicas y monótonas de la evaluación, en especial las referidas al área económica. Una buena

evaluación trata de describir lo que está bajo discusión, valorando y remediando los errores y las diferencias, que sea progresiva, formativa, evitando el tipo de evaluación “sudden death” (muerte súbita), donde el alumno se sorprende de cómo fue calificado [6].

Estamos en el proceso de aprender nuevas prácticas adaptadas a la realidad que se viven actualmente en la universidad, con una determinada posición que se operativizará en la construcción metodológica que concrete la enseñanza [7]. Dónde se espera que el trabajo conduzca a la elaboración de propuestas áulicas, fundamentadas en forma teórica y contrastada empíricamente y que representen alternativas didácticas para superar las limitaciones detectadas en el aprendizaje de contenidos económicos las cuales se detallan a continuación:

- El desarrollo de las clases se han centrado más en el marco teórico de contenidos conceptuales que en el de promover habilidades del pensamiento creativo, reflexivo y crítico.
- Los alumnos se muestran con actitudes de mal humor, desinterés, falta de valoración personal y que en varios casos (entre el 10% al 15% del curso) termina con el abandono de la cursada.

La propuesta, entonces consistió en aplicar técnicas que modifiquen éstas tendencias, como por ejemplo, el trabajo en grupo para la resolución de problemas contextualizados, que tienen como referente didáctico la importancia de trabajar con las ideas previas y los obstáculos en los aprendizajes [8]-[9]. Estamos en el proceso de aprender nuevas prácticas adaptadas a la realidad que se viven actualmente en la universidad, teniendo en cuenta que los que aprenden hacen algo más que acumular información [10].

En este encuadre, la clase de Economía se transforma en una comunidad donde se produce y se usa el conocimiento teniendo en cuenta el desarrollo de los siguientes propósitos:

- plantear problemas con varias soluciones posibles y aceptables;
- plantear interrogantes alrededor de cuestiones y hechos cotidianos y enigmáticos;
- estimular la necesidad de diseñar / recrear y desarrollar experiencias;
- provocar la aplicación de capacidades diversas en la búsqueda de soluciones alternativas y en la gesta de nuevos interrogantes;
- promover la autoevaluación y la evaluación cooperativa de los resultados; y
- favorecer la organización, jerarquización y manejo de la información.

Es de destacar que los instrumentos de evaluación y seguimiento son de carácter individual y grupal, del tipo cualitativo y cuantitativo, teniendo en cuenta que la aprobación de la materia seguirá el reglamento de la carrera y de la universidad. Todos ellos presentados en el inicio del curso a los alumnos, dónde se explicitan los siguientes criterios de valoración correspondientes:

- Evaluaciones escritas y orales, individuales y grupales.
- Presentación a término de los informes.
- Explicitación y valoración de la bibliografía consultada.
- Diseño y utilización de modelos experimentales.
- Propuesta de actividades de transferencia
- Desarrollo de experiencias.
- Análisis de bibliografía vinculada a lo conceptual y a lo didáctico.
- Presentación de propuestas áulicas.

Es importante que los profesores reconozcan y recuperen la variedad de aprendizajes que su enseñanza persigue intencionalmente y el tipo de informaciones necesarias para evaluar sus logros que implique una valoración integral e integrada de la variedad y la riqueza de aprendizajes propuestos por la enseñanza [11]. La evaluación no tiene un fin en sí misma, sino que es un medio para un fin; fin que permita verificar el logro de los objetivos propuestos para el curso, dónde debe de existir congruencia entre lo que se enseña y lo que se evalúa [12].

La inclusión de estas metodologías, han producido un aumento del 13%, en la aprobación de la materia, considerando los valores observados en el año anterior y un 5% respecto del 2014. Como así también se ha producido una disminución del 100% en los reprobados bajo la misma condición en los dos años. Respecto a la condición de cursada las proporciones se han mantenido.

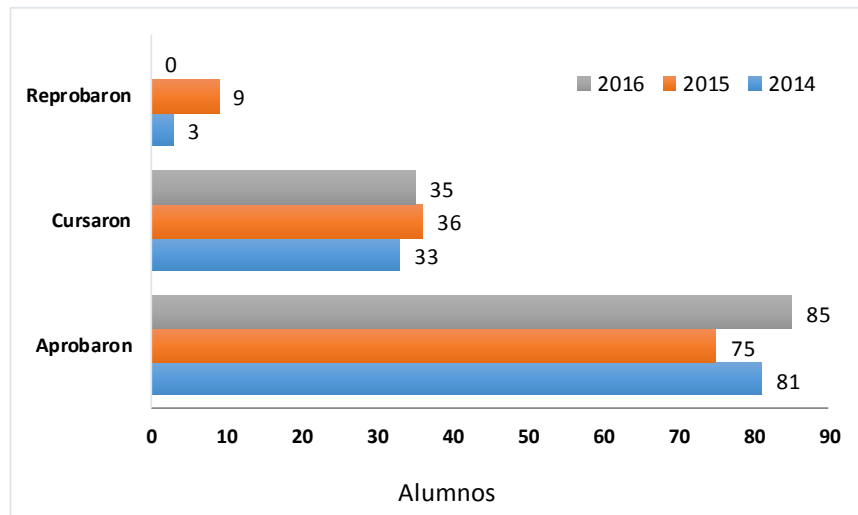


Figura 8 *Aprobación de cursos de economía*
Fuente: Elaboración propia

En concordancia con lo expuesto y dentro de este contexto, a la hora de evaluar la inclusión de las metodologías activas por los docentes, dentro de la cátedra, ha sido beneficioso respecto de cursos anteriores, tal cual lo demostrado en el siguiente gráfico.

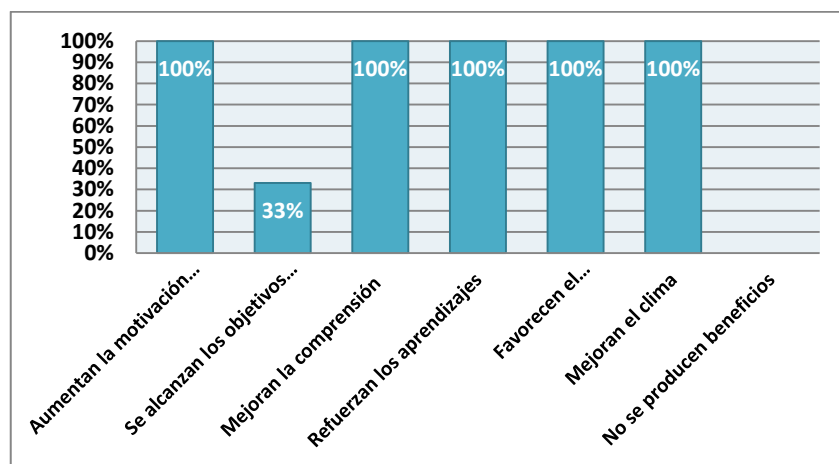


Figura 9 *Opinión de los docentes*
Fuente: Elaboración propia

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A lo largo del periodo observado y en una primera instancia, se obtuvieron resultados positivos que indican que el uso de recursos tales como los videos publicitarios, películas, desarrollo de speed-dating, noticias periodísticas, estudio de casos y el trabajo cooperativo, en el marco de una metodología basada en el cuestionamiento, la indagación y la comunicación entre pares, inciden positivamente en: i) el rendimiento académico de los cursantes; ii) las estrategias de aprendizaje; y iii) las capacidades cognitivas-lingüística de los alumnos; lo que nos motiva, como docentes, a seguir mejorando los resultados para los próximos años.

A partir de ahora las metodologías docentes deben de ir más allá de la clase magistral y permitir la generación del conocimiento frente a la habitual transmisión del mismo.

En suma los métodos, técnicas y estrategias incorporadas en el estudio de la economía en las carreras de ingeniería, apuntan a reforzar la idea del aprendizaje significativo desde una visión integral, desarrollando un conjunto de habilidades que faciliten la comprensión y apropiación de ideas y paradigmas que servirán para destacar el ejercicio de la profesión superando los niveles estándares de otros profesionales.

Los problemas planteados en un entorno de metodologías activas a menudo son complejos por naturaleza y necesitarán en general razonamiento e indagación. Estos problemas son indicadores, en muchas formas, de los tipos de problemas afrontados por los profesionales.

El énfasis principal es animar a los alumnos a comenzar a pensar como profesionales desde el inicio de sus carreras, facilitando así la transición de la Universidad al puesto de trabajo. En muchos de los problemas, tanto teóricos como prácticos, ellos encontrarán que no existe necesariamente una sola respuesta correcta, aunque sí leyes y modelos que forman el cuerpo teórico de la disciplina.

Una de las razones principales para pasar a metodologías activas es un deseo genuino de proporcionar a los alumnos una comprensión más profunda de los contenidos abordados. Más allá de los propios resultados de los casos observados, el alumno adquiere la metodología general de trabajo, mediante el desarrollo combinado del trabajo autónomo y colaborativo, como lo demuestran las exposiciones orales y el trabajo diario realizado durante los cuatrimestres observados.

Desde la docencia este es un esfuerzo más, para enriquecer la enseñanza con el uso de metodologías activas, con docentes activos, alumnos comprometidos y capacitados, que puedan ser parte de esta transformación es este nuevo compromiso que hemos asumido y recomendamos gratamente.

De esta forma el nuevo rol que asume el sistema educativo universitario supone nuevos desafíos para las universidades por ser éstas las encargadas de producir el conocimiento científico y tecnológico que la hacen revalorar su protagonismo en el desarrollo de los países, haciéndole asumir el compromiso de atender la demanda de contribuir a ese desarrollo económico y social.

Para concluir es nuestra recomendación seguir trabajando en el diseño y desarrollo de actividades, y de sus secuencias didácticas, actualizándolas cuatrimestre a cuatrimestre, como así también promover la capacitación de los docentes de la cátedra, identificando y promoviendo un diseño curricular que permita el abordaje de los conceptos económicos desde el debate y la discusión reflexiva que permita construir el proceso de enseñanza-aprendizaje.

5. REFERENCIAS.

- [1] Casas, M. (2005). "Nueva universidad ante la sociedad del conocimiento." Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento Vol. 2, Nro. 2. *Fundació Universitat Oberta de Catalunya*. Disponible en: <<http://www.uoc.edu/rusc/2/2/dt/esp/casas.pdf>> [Última consulta: 19 septiembre 2017]
- [2] Glaser, R. (1991). *The Maturing of the relationship between the science of learning and cognition and educational practice*. Learning and Instruction.
- [3] Duch, B., Groh, S. y Allen, D. (2001). *The Power of Problem Based Learning*. Stylus.
- [4] Litwin, E. (2007). *El oficio de enseñar. Condiciones y contextos*. Editorial Paidós Voces de la educación, Cap. V. Buenos Aires, Argentina.
- [5] Zabala, M. (1997). *Diseño y desarrollo curricular*. Cap. 9: "El contenido". Narcea Ediciones. Vol.45. Madrid, España.
- [6] Brown, S.; Glasner, A. (2003). *Evaluar en la universidad. Problemas y nuevos enfoques*. Narcea Ediciones. Madrid, España.
- [7] Steiman, J (2008). *Más didáctica (en la educación superior)*. Miño y Dávila Editores. Buenos Aires, Argentina
- [8] Pozo, J.; Gomez Crespo, M. (2006). *Aprender y enseñar ciencia*. Morata. Madrid.
- [9] Astolfi, J. (1999). El error, un medio para enseñar. *Investigación y Enseñanza. Serie Práctica Investigación y Enseñanza. Volumen 15*. Diada. Sevilla, España.
- [10] Bain, K. (2007). Lo que hacen los mejores profesores universitarios. Universitat de Valencia. Servei de Publicacions. Valencia, España.
- [11] Davini, M. (2008). *Métodos de enseñanza. Didáctica general para maestros y profesores*. Editorial Santillana. Argentina.
- [12] Bloom, B. (1990). *Taxonomía de los objetivos de la educación. La clasificación de las metas educacionales*. Editorial El Ateneo. Argentina.

Agradecimientos

Los autores agradecemos la colaboración de los alumnos y de las autoridades que nos han permitido llevar adelante este estudio.

Área: EMPRENDEDORISMO E INGENIERÍA INDUSTRIAL

CRÉDITOS PARA QUE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA PUEDAN LLEVAR ADELANTE SUS PROYECTOS. LÍNEAS DE FINANCIAMIENTO QUE PROMUEVEN LA PRODUCTIVIDAD, INNOVACIÓN Y CREATIVIDAD. Couselo, Romina E.; Williams, Eduardo A.; Cibeira, Natalia P.; Pendón, Manuela M.

¿SCHUMPETER O KIRZNER? ADN DEL ACOMPAÑAMIENTO A EMPRENDEDORES EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA. Morcela, Oscar Antonio; Cabut, Mercedes; Bertone, Bruno; Petrillo, Jorge Domingo.

DINÁMICA DE EQUIPOS DE TRABAJO INTERDISCIPLINARIOS EN CONTEXTO REAL: EL CASO DE LA CÁTEDRA DE FORMACIÓN DE EMPRENDEDORES. Anzoise, esteban; Scaraffia, Cristina.

CRECIMIENTO Y FORMACIÓN DE EMPRESAS: LA SIMULACIÓN COMO HERRAMIENTA PARA MEJORAR EL EMPRENDIMIENTO. Fornari, Javier F.; Torreano, Melani M.; Odetto, Fabio M.

Créditos para que estudiantes de ingeniería puedan llevar adelante sus proyectos. Líneas de financiamiento que promueven la productividad, innovación y creatividad.

Couselo, Romina E.*; Williams, Eduardo A.,Cibeira Natalia P.,Pendón Manuela M,

*Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Plata.
CP 1900. romina.couselo@ing.unlp.edu.ar.*

RESUMEN. (ARIAL 10, negrita)

La Universidad, y siguiendo sus lineamientos la Facultad de Ingeniería, generan un espacio para la innovación y creatividad con el objetivo de formar profesionales de excelencia con pensamiento creativo y reflexivo-crítico capaces de interpretar e interactuar con actores involucrados en el medio; además de fortalecer el emprendedorismo que surge con fuerza ya que permiten que los estudiantes puedan transformar una idea de negocio en una unidad de negocio que consecuentemente genera un impacto económico y social regional.

Las incubadoras universitarias refuerzan ese camino del emprendedorismo mediante capacitación, asesoramiento, seguimiento y el acceso a las herramientas de financiamiento flexibles y accesibles, con Aportes No Reembolsables (ANR) o tasa 0%, con un año de período de gracia y otros beneficios.

La Facultad de ingeniería en un marco donde los estudiantes al recibirse eligen trabajar en empresas que se encuentran en el medio y con pocos resultados satisfactorios de emprendedores, se incorporó a la red de incubadoras del Ministerio de Producción de la Nación como incubadora (Gioconda) de manera de seguir apostando al emprendedorismo con más fuerza, y apoyar a los estudiantes a desarrollar sus ideas y fomentar su creatividad y transformarlas en proyectos productivos.

El objetivo es presentar líneas de financiamiento que ayudan a estudiantes de ingeniería a llevar adelante sus ideas, destacando la productividad, innovación y creatividad. De las líneas de financiamiento, para este público objetivo, se describen: objetivos, plazos, tasas, períodos de gracia, destinatarios, montos otorgados, pasos a seguir y toda información útil para seleccionar la herramienta adecuada para maximizar el rendimiento de los proyectos.

Enfatizar la relación entre los estudiantes de ingeniería de la Universidad de La Plata y la información como oportunidad para financiar sus proyectos.

Palabras Claves: financiamiento, conocimiento, innovación, emprendedorismo, incubadoras

ABSTRACT (Resumen en Inglés)

The University, following the guidelines of the School of Engineering, generate a space for innovation and creativity with the aim of training excellent professionals with creative thinking and reflective-critical able of interpreting and interacting with actors involved in the medium; in addition to strengthening entrepreneurship that emerges with force and allows students to transform a business idea into a business unit that consequently generates an economic and social impact in the region.

College incubators reinforce this path of entrepreneurship through training, counseling, monitoring and access to flexible and accessible funding tools, with Non-Reimbursable Contributions (NRAs) or 0% rate, with a one-year grace period and other benefits.

The School of Engineering in a framework where students upon graduation choose to work in companies that are in the middle and with few satisfactory results of entrepreneurs, was incorporated into the network of incubators of the Ministry of Production of the Nation (Gioconda) to continue betting on entrepreneurship more strongly, and to support students to develop their ideas and encourage their creativity and transform them into productive projects.

The objective is to present financing lines that help engineering students to carry out their ideas, highlighting productivity, innovation and creativity. The following lines of financing are described for

this public purpose: objectives, deadlines, rates, grace periods, recipients, amounts awarded, steps to follow and all useful information to select the appropriate tool to maximize project performance. Emphasize the relationship between engineering students at the University of La Plata and information as an opportunity to finance their projects.

Keywords: financing, knowledge, innovation, entrepreneurship, incubators

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha impulsado la creación de pequeñas empresas a través de diversos esquemas de apoyo de financiamiento. Esta oportunidad debe tenerse en cuenta para que los alumnos o egresados universitarios puedan llevar adelante sus ideas y transformarlas en una forma de vida que genere un crecimiento económico y social.

Por lo que es importante desarrollar la cultura emprendedora entre los estudiantes universitarios con la intención de despertar en ello una visión empresarial que les brinde herramientas para la toma de decisión ante el deseo de abrir una empresa y que no esté destinada a cerrar como ocurre en la mayoría de los negocios que no alcanzan a estar en el mercado más de un año.

Emprender es la habilidad con la que cuentan las personas, que son capaces de proyectar ideas innovadoras y hacerlas posibles con sus actos. La cultura emprendedora está ligada con la innovación, por lo que conlleva a crear o transformar un producto o servicio en algo más atractivo y con mayores ventajas de competitividad, aunque también la cultura emprendedora no solo se basa en el crear o innovar, sino también en planificar y gestionar proyectos con el fin de alcanzar objetivos. En esta competencia se apoyan todas las personas dentro de su vida cotidiana, en casa y en la sociedad, luchando por ser mejores que los demás y creando nuevas ideas y nuevas formas de vida para mejorar cada día y estar en la competencia diaria con las demás personas. (Kantis et al, 2011)

La falta de desarrollo de una cultura emprendedora puede traer como consecuencia que los egresados universitarios, traten de ser empleados y consecuentemente se genera la escasez de empleo, y un deterioro en la economía del país. La esperanza de un gobierno es que la sociedad participe abriendo fuentes de empleo a través de nuevas empresas.

La ingeniería en particular es una fuente importante de creatividad, ingenio y habilidades técnicas que ayudan a generar nuevas unidades de negocios.

La universidad es vista como uno de los principales factores de producción de innovación, generación de nuevo conocimiento, nuevas tecnologías y el aumento de las capacidades del capital humano. Una gran proporción de las nuevas empresas tecnológicas que han surgido en los últimos años han sido el resultado de las investigaciones científicas realizadas dentro de las universidades.

“Todos los sistemas económicos descansan sobre una ‘base de conocimientos’. Todas las empresas dependen de la existencia previa de este recurso, y a diferencia del capital, el trabajo y la tierra, el conocimiento suele ser destacado para la producción. Y, sin embargo, este recurso es el más importante de todos.” (Toffler, 1995)

Para aquellos que apuestan al emprendimiento, que deciden llevar adelante sus ideas y aplicar los conocimientos adquiridos por la Universidad, es necesario que reciban un apoyo financiero y técnico que los empuje a comenzar su negocio y darle las herramientas que lo ayuden a mantenerse en el tiempo.

Para que los actores que se encuentran dentro del ámbito universitario puedan llevar adelante sus ideas, es importante que no sólo se fomente en forma teórica, mediante cursos, charlas, actividades académicas, etc la actitud emprendedora, sino también ayudarlos a animarse a transformar una idea, oportunidad o resolución de un problema en una organización y recibir asistencia permanente en el tiempo.

Para esto, desde la facultad de Ingeniería de la UNLP, se creó una Incubadora perteneciente a la red de incubadoras del Ministerio de Producción de la Nación, donde se asiste a todo el ámbito universitario en llevar adelante sus ideas y poder transformarlas en una unidad de negocio mediante la asistencia económica y técnica. Con la Incubadora se logra el seguimiento y apoyo constante a los alumnos y actores de la facultad, y dentro de las instalaciones de la Facultad donde los alumnos y graduados sienten como su casa de estudio y en un ambiente donde pasan parte de sus días y se sienten cómodos.

El ministerio mediante sus líneas de financiamiento brinda oportunidades para que los emprendedores puedan acceder a créditos blandos o aportes no reembolsables para poder iniciar su negocio y además les solicita, que mediante una incubadora, puedan presentar su plan de negocio y demás documentación que le permita el acceso al crédito.

2. OBJETIVOS

Presentar las líneas de financiamiento que ayudan a los estudiantes de ingeniería a llevar adelante sus ideas, destacando la productividad, innovación y creatividad. De las líneas de financiamiento que se destacan para este público objetivo del trabajo, se describe: los objetivos, plazos, tasas, períodos de gracia, destinatarios, montos otorgados, pasos a seguir para acceder al mismo y toda información útil para seleccionar la herramienta adecuada para maximizar el rendimiento de los proyectos.

Enfatizar la relación entre los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Plata y la información que se encuentra como oportunidad para financiar sus ideas o proyectos.

3. ALCANCE DEL TRABAJO

Se trata de una investigación exploratoria de fuentes primarias y secundarias valiéndose de las relaciones formales e informales que existen entre las instituciones académicas, sector público, privado, organismos, cámaras para establecer los mecanismos de acceso e intercambio de información que fueran factibles y de interés común, entrevistas a ministerios y otros sectores gubernamentales y artículos periodísticos, publicaciones, bibliografía y otro material de importancias que abordan el tema.

El trabajo comprende el año 2015 y 2016 y parte del 2017.

4. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

En el trabajo se presentan conceptos teóricos de emprendedorismo, innovación y conocimiento, gestión del conocimiento, financiamiento y las incubadoras.

Como resultado se presenta el estado de situación en que se encuentra la Facultad de Ingeniería respecto a la elección de trabajo de los alumnos de ingeniería industrial para realizar el trabajo de equivalencia para recibirse. También se muestra a la UIDET Formulación y Evaluación de Proyectos presentando su trabajo de docencia, investigación y extensión para llevar adelante su objetivo. Se destaca el trabajo con el tema de emprendedorismo y su incorporación a la red de incubadoras del Ministerio de Producción de la Nación para poder apostar y fomentar con más fuerza el emprendedorismo entre los estudiantes de ingeniería.

Como herramienta importante, dentro de la incubadora, se presentan las diferentes líneas de financiamiento que pueden acceder aquellos estudiantes de ingeniería que quieren llevar adelante sus proyectos y las conclusiones del tema.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Emprendedorismo

El concepto que maneja el Centro de Emprendedorismo de la Universidad de Miami en Ohio, como “el proceso de identificar, desarrollar y dar vida a una visión, que puede ser una idea novedosa, una oportunidad o simplemente una mejor manera de hacer las cosas; y cuyo resultado final es la creación de una nueva empresa, formada bajo condiciones de riesgo y considerable incertidumbre”. Por otro lado, se define emprendedor como “aquel que germina ideas y las pone a crecer para después salir a sembrar de nuevo con su creatividad e ingenio. Y las mejores ideas son aquellas que después vuelan solas sin que su inventor tenga que conducir las toda la vida”. Comeche explica que “el emprendedor es visto como aquel que percibe una oportunidad y que crea una organización para conseguir dicha oportunidad”. Además define al empresario como “la persona que emprende un negocio o la que ha creado una empresa en marcha de la nada”, y al hablar de creación de empresas se asocia con el empresario que vislumbra una oportunidad, que anteriormente se decía era de lucro y que hoy se nombra como una oportunidad de actuar con responsabilidad moral y social. Así se llega al término emprendedor universitario, definiéndolo como el ser humano con estudios superiores que tiene el suficiente conocimiento y autoconocimiento y que está motivado para iniciar y desarrollar sus sueños, de una manera innovadora, asertiva y proactiva en los diferentes escenarios o sectores económicos o sociales donde le toque gestionar, con las apropiadas competencias que lo hacen un individuo especial, destinado por sus propias características a ser eficiente y sobresalir de los demás, llevándolo a producir impactos en la rama productiva que le seduzca gerencial.

5.2. Innovación y conocimiento

5.2.1. Innovación tecnológica

El campo de la tecnología se caracteriza por un continuo avance. La innovación, por lo tanto, es una de las características de la tecnología que supone la creación de nuevos dispositivos en muchos casos a partir de la modificación de elementos ya existentes. La introducción de nuevos cambios permite la creación de nuevos productos. Algunos ejemplos de innovación tecnológica pueden ser algunos Innovación y creatividad

En muchos casos, la innovación está fuertemente unida a la creatividad, el descubrimiento y la invención. Para realizar un cambio que suponga introducir algo nuevo es necesario un proceso creativo. En ocasiones, la creatividad representa una variación de algo ya existente. Puede producirse, por ejemplo, mediante una asociación de ideas. Los conceptos de innovación y creatividad se dan en diversos ámbitos como en la industria, la empresa, la educación y el arte.

5.2.2. Innovación empresarial

En el mundo empresarial, la innovación es uno de los elementos que se tienen en cuenta a la hora de tener éxito comercial. El concepto de innovación empresarial puede hacer referencia a la introducción de nuevos productos o servicios en el mercado y también a la organización y gestión de una empresa.

En ocasiones los productos o servicios comercializados no suponen un cambio en sí, ya que la novedad puede consistir en un nuevo enfoque a productos ya existentes.

La innovación empresarial puede suponer una renovación de productos o de la propia empresa, generalmente actualizándose a las demandas del mercado. En muchos casos, el éxito de una empresa depende del grado de innovación, debido a que esta característica puede ser el rasgo distintivo que le haga tener éxito.

5.3. Financiamiento

A toda estrategia productiva le corresponde una estrategia financiera, la cual se traduce en el empleo de fuentes de financiación concretas. En este sentido (Aguirre, 1992) define la estructura de financiación como: “la consecución del dinero necesario para el financiamiento de la empresa y quien ha de facilitarla”.

En la búsqueda de una mejor Estructura de Financiamiento influyen una serie de factores tales como la administración eficiente de los recursos monetarios y un uso efectivo de las fuentes de financiamiento. La combinación de todos estos elementos posibilita la obtención de resultados favorables y el crecimiento sostenido de la empresa.

Weston y Copeland, 1995 definen la estructura de financiamiento como la forma en la cual se financian los activos de una empresa. La estructura financiera está representada por el lado derecho del balance general, incluyendo las deudas a corto plazo y las deudas a largo plazo, así como el capital del dueño o accionistas.

Para expertos como (Damodaran, 1999) y (Mascareñas, 2004), la estructura financiera debe contener todas las deudas que impliquen el pago de intereses, sin importar el plazo de vencimiento de las mismas, en otras palabras “es la combinación de todas las fuentes financieras de la empresa, sea cual sea su plazo o vencimiento”. Sin embargo, hay autores que consideran relevante darle más importancia a la estructura de los recursos que financian las operaciones al largo plazo.

Mary A. Vera Colina, 2001, plantea que la forma como están distribuidas las diferentes fuentes de financiamiento de la empresa se denomina estructura financiera.

Otra definición de estructura de financiamiento es la manera de cómo una entidad puede allegarse de fondos o recursos financieros para llevar a cabo sus metas de crecimiento y progreso.

No existe una receta mágica que otorgue a la empresa el financiamiento ideal. En el campo de las fuentes de financiamiento para la empresa cada una de ellas involucra un costo de financiamiento, por tanto, puede considerarse un portafolio de financiamiento, el cual debe buscar minimizar el costo de las fuentes de recursos para un nivel dado de riesgo.

Cada alternativa de financiamiento tiene características diferentes según: tasas, plazos, forma de amortización y garantías requeridas. Se debe tener en cuenta las barreras que sean necesarias superar, los trámites que deben cumplirse, los avales, el período que debe transcurrir entre el inicio de solicitud del crédito hasta su concreción definitiva y su desembolso real. El interés de un préstamo es la cantidad que hay que pagar por usar el dinero. La noción de tasa de interés, por su parte, hace foco en el porcentaje al que se invierte un capital en un determinado periodo de tiempo. Podría decirse que la tasa de interés es el precio que tiene el dinero que se abona o se percibe para pedirlo o cederlo en préstamo en un momento en particular.

La tasa de interés puede ser de carácter fijo (se mantiene estable mientras dura la inversión o se devuelve el préstamo) o variable (se actualiza, por lo general, de manera mensual, para adaptarse a la inflación, la variación del tipo de cambio y otras variables).

El interés de tipo simple agrupa a los intereses que surgen de una determinada inversión gracias al capital inicial. En el interés simple, los intereses derivados del capital en un cierto periodo no se acumulan al mismo para producir los intereses que corresponden al siguiente periodo. Esto supone que el interés simple generado por el capital invertido se mantendrá idéntico en todos los periodos de la inversión mientras no varíe la tasa ni el plazo.

El interés compuesto, en cambio, permite que los intereses obtenidos tras el final del periodo de inversión no se retiren, sino que se reinvierten y se añaden al capital principal.

El período de gracia del préstamo es aquel que transcurre desde que se recibe el capital solicitado en el préstamo hasta el momento en el cual se comienza a pagar la primera cuota de devolución del préstamo. Los tipos de períodos de gracia son:

- No se hacen pagos al capital del préstamo; es el más común.
- Durante el período de gracia a capital, se paga solamente el interés y el monto de capital adeudado queda sin tocar
- No pago del interés. En este caso, durante un tiempo no se paga ni capital ni intereses; el interés a pagar se agrega al capital inicial, (si el beneficiario así lo aprueba) aumentando el monto total del préstamo ninguno significa perdonar una parte del préstamo.
- Solamente se atrasa el pago y se acumula cualquier interés resulte

Respecto a la duración de los préstamos es ideal es aquel que tiene la misma duración que el bien que se financia plazo que abarque la mayoría de las inversiones; especialmente, las más caras. El plazo del préstamo para inversiones no debe extenderse más allá de la duración del proyecto.

Si el plazo es más corto que la vida del bien a ser comprado, el proyecto debe pagar una cantidad mayor cada año para liquidarlo con rapidez. Si el plazo se extiende más allá de la vida del bien, se

podría seguir pagando la deuda original y, al mismo tiempo, empezar otro préstamo que financie el reemplazo.

Las garantías son el respaldo por el dinero que se va a recibir a crédito. Las inversiones (activos) que se financian con préstamos son las mismas garantías que exige el prestamista. Plazo del préstamo para inversiones no debe extenderse más allá de la duración del proyecto

5.4. Incubadoras

Las incubadoras son creadas con el objetivo de abrir una nueva oportunidad para resolver los problemas críticos de una empresa cuando está iniciando su gestión, enfocada a superar obstáculos en la etapa de despegue, apoyar a emprendedores que no tienen la capacidad necesaria para llevar a cabo su negocio, ya sea por falta de financiamiento, infraestructura, desconocimiento de aspectos técnicos y/o capacidad de gestión y orientarlos hacia la integración de la mayor cantidad de fuerzas empresariales, sociales y gubernamentales para encontrar los apoyos necesarios.

Las incubadoras de negocios son organismos de apoyo a los nuevos emprendimientos, asesorando y prestando infraestructura para que una empresa en formación reduzca los riesgos, costos de puesta en marcha y el proceso natural de aprendizaje llevado a cabo por las personas a cargo de la nueva empresa.

Las Incubadoras proveen un lugar físico de trabajo, servicios de asistencia y de soporte directo a los incubados, a quienes se les apoya en aspectos claves de sus negocios, tales como elaboración de los planes de negocios, estrategias, marketing, financiamiento, etc.

Se han visualizado en las Incubadoras, un instrumento de apoyo complementario a políticas públicas o privadas, puesto que permiten vincular ámbitos o sectores como son universidad, empresa y gobierno, al atravesar momentos difíciles en materia de desarrollo económico.

5.4.1. Las incubadoras y la universidad

Las incubadoras universitarias brindan capacitación y asesoría a los estudiantes en temas relacionados con el emprendedurismo, así como la oportunidad de realizar servicio social y prácticas profesionales que les permitan desarrollar habilidades y afianzar conocimientos. Por otro lado al concluir sus estudios pueden generar su autoempleo a partir del desarrollo de ideas propias sobre alguna actividad, con lo cual se genera el arraigo a sus comunidades o municipios de origen y en un mediano plazo podrán brindar nuevas plazas de trabajo.

Además, la incubadora juega un papel como mediadora entre empresas establecidas y estudiantes, que por necesidades presentadas se pueden canalizar a éstas.

Las incubadoras universitarias pueden auxiliar y dar seguimiento a las ideas de negocio que se presenten por parte de la comunidad estudiantil, a través del desarrollo de planes de negocios, consultoría y cursos de capacitación que resulten benéficos y complementarios para el desarrollo de un negocio.

Igualmente, contribuye a hacer realidad una idea de negocio a través del acompañamiento permanente durante la planeación de la empresa, así como durante su inicio de operaciones, o en la búsqueda de nuevos retos como la exportación, registro de marcas, patentes, etc.

Una nota de Clarín por Gabriela Samela en el 2011, decía que la mayor parte de las incubadoras trabajan con proyectos de base tecnológica, pero no es el único tipo de empresa que necesita incubación.

En el 2010, la Universidad de Buenos Aires creó UBA Emprende para promover las incubadoras en las facultades que generan conocimiento científico y tecnológico. El proyecto está a cargo de Laura Pregliasco, también responsable de Incubacen, la incubadora de Exactas que, desde 2006, recepcionó 100 proyectos, preincubó el 80%, incubó el 60%, y finalmente creó siete empresas, tres de ellas con alto potencial.

Ahora también existe IncUBA Agro, que promueve los emprendimientos agropecuarios desde la Facultad de Agronomía. Esta incubadora tiene dos áreas, una dedicada a empresas tecnológicas y la otra a emprendimientos de cooperación con agricultores familiares y pequeños productores.

En las universidades de América Latina, esos puentes se encuentran en un momento de consolidación y fortalecimiento de cara a facilitar la formación del ecosistema emprendedor. Puntualmente en Argentina, un ejemplo de esto es la reciente conformación de Minerva, una incubadora de emprendimientos y proyectos creativos con enfoque regional en el seno de la Universidad Nacional de Plata, un gigante ubicado en la capital de la Provincia de Buenos Aires que congrega una masa crítica de estudiantes e investigadores de todos los puntos del país.

La incubadora de la Universidad Nacional de La Plata, Minerva, se constituyó en el ámbito de la UNLP teniendo en cuenta el gran potencial de generación de productos y servicios innovadores que existen en diversas áreas del conocimiento en las todas las unidades académicas de la Universidad y apunta a fomentar la creación de pequeñas empresas y proyectos que dinamicen las economías locales y regionales.

La educación universitaria en algunos casos aún transita procesos de modernización que no terminan de abrazar el surgimiento de estas instancias medias de fortalecimiento del emprendimiento.

La aprobación de Minerva se vincula con el programa INCUBAR, una iniciativa tendiente a fortalecer el ecosistema de incubadoras de Argentina.

La instancia de incubación que propone Minerva se vincula a la génesis del emprendedor. Para Minerva, se trata de comenzar a evangelizar al emprendedor en el hecho de armar un buen plan de negocios, pivotear un producto -el mercado que piensan puede que no sea exactamente el que pensaron- y generar sociedades sólidas, el concepto de equipo. Luego de esa nivelación simple se va a lo más complejo, KPI de tu industria, aprender lo que es lean startup, experiencia de usuario rápida/validar/iterar y ya luego sí un pitch sólido y la presentación ante un posible inversor o advisor, canales más específicos según el proyecto.

La Plata ostenta una cuestión geográfica de gran impacto para el emprendimiento. “Si bien es un lugar muy pequeño está lleno de personas que van a estudiar allí desde distintos puntos de la Argentina. En cierto sentido y salvando las distancias me recuerda mucho a San Francisco donde hay personas de todos lados del mundo con un mismo objetivo. Tener un proyecto común es una manera de conocer gente y se van generando sinergias” subraya Nader en la nota realizada por Clarisa Herrera en el portal pulso social en el año 2014. Los que vienen de todos lados del país aquí vienen un poco con esa intención de obtener la oportunidad que les da la universidad y esos deseos se traducen en proyectos” concluye

5.4.2. Impulso para incentivar a los emprendedores con el proyecto de ley de emprendedores.

El proyecto de ley de Emprendedores consiguió dictamen favorable en el plenario de Comisiones de Legislación General, Pequeñas y Medianas Empresas y Presupuesto y quedó habilitado para su tratamiento en el recinto de la Cámara de Diputados el próximo 26 de octubre.

La propuesta plantea, en uno de sus capítulos, la creación de un nuevo tipo jurídico de empresa, llamada Sociedad por Acciones Simplificadas (SAS) que permitirá constituir una empresa en 24 horas, digitalizar firmas, libros y poderes y realizar la apertura de una cuenta bancaria simplificada. Por otra parte, la iniciativa brinda un marco jurídico para la confección de plataformas de financiamiento colectivo y desarrollo de capital emprendedor, que promoverá el incentivo de inversores y será destinado para proyectos de emprendedores locales.

El ministro de producción afirmó que se debe apoyar y confiar en las fuerzas de las ideas que se transforman en emprendimientos y generan empleo. Las buenas ideas siempre tendrán un socio que será el estado para acompañarlos y ayudarlos en el camino de emprender, de innovar y de crecer.

La iniciativa fue debatida en el marco de un plenario en el que se nutrió de los aportes de las distintas fuerzas políticas.

Entre las principales modificaciones que se hicieron sobre el proyecto, se destacan:

La incorporación a la ley del programa Fondo Semilla, orientado a capacitar y financiar a emprendedores que pretendan iniciar un proyecto o potenciar uno ya existente con un grado de desarrollo incipiente. El objetivo del instrumento es llegar a todas las regiones del país.

La inclusión de aportes no reembolsables para las incubadoras destinadas a acompañar emprendimientos en etapas tempranas y que se encuentren en zonas de menor desarrollo productivo.

La creación del Consejo Federal de Apoyo a Emprendedores, un organismo consultivo con participación público-privada de instituciones y organizaciones representativas.

La ampliación del 75% al 85% respecto de los beneficios impositivos, en los casos que las inversiones sean destinadas a emprendimientos pertenecientes a zonas de menor desarrollo y acceso al financiamiento.

Otros puntos también incorporados al proyecto hacen referencia a los límites y controles con los que contará el Fondo Fiduciario para el Desarrollo de Capital Emprendedor y la necesidad de establecer políticas que favorezcan la formalización e inclusión de los emprendedores informales.

6. RESULTADO

6.1. Estado de situación de la Facultad de Ingeniería

Como universidad, y como facultad de ingeniería en particular, se pretende formar profesionales de excelencia con un pensamiento autónomo, creativo y reflexivo-crítico, capaces de interpretar e interactuar con los actores involucrados del medio. Siendo estas condiciones necesarias para generar propuestas superadoras a las problemáticas del desarrollo local y regional.

Se debe preparar a los ingenieros en cuanto a emprendimientos, investigación y desarrollo. Una persona que está capacitada en ciencias básicas y un país con cultura de educación en ellas, tienen la capacidad de crear nueva tecnología; sin embargo en las carreras de ingeniería no contemplan cursos relacionados con emprendedorismo, y en las carreras que sí lo contemplan, no alcanza; es decir que se debe enseñar a los estudiantes a identificar, desarrollar y dar vida a una

visión, que puede ser una idea novedosa, una oportunidad o simplemente una mejor manera de hacer las cosas; y cuyo resultado final es la creación de una nueva empresa, formada bajo condiciones de riesgo y considerable incertidumbre en algún curso de la carrera universitaria.

En el caso particular de la Facultad de Ingeniería de la UNLP, y de la carrera de Ingeniería Industrial, un grupo de docentes que dictan la materia de Formulación y Evaluación de Proyectos forman un grupo de trabajo donde destacan los trabajos de docencia, investigación y extensión universitaria relacionados a su incumbencia, que luego de mucho trabajo y dedicación en el año 2013 crean La Unidad de Investigación, Desarrollo, Extensión y Transferencia (UIDET) : Formulación y Evaluación de Proyectos, que depende del Departamento de Ingeniería de la Producción de la Facultad y tiene como finalidad primordial la búsqueda de nuevos conocimientos en la temática, a través de la realización de tareas de investigación y, subsidiariamente, la contribución a la formación de recursos humanos altamente capacitados para la investigación, así como la transferencia y difusión de los conocimientos producto de su labor.

En particular, en un marco interdisciplinario, se llevan adelante las actividades de docencia, investigación, extensión, transferencia y vinculación tecnológica, que se encuentren relacionadas con la Evaluación de Proyectos

Si bien desde la UIDET se trabaja en fomentar el emprendedorismo mediante cursos de postgrado como ser: Finanzas para emprendedores, Plan de negocios para emprendedores, o con actividades de Ingeniando emprendimientos que se realizan todos los años desde el 2014; donde estudiantes de ingeniería o ingenieros recién recibidos, vienen con sus ideas y se los ayuda a transformar sus ideas en proyectos a través de un plan de negocios y charlas de emprendedorismo y herramientas de financiamiento que necesitan para poder emprender, crear e innovar.

Pero la realidad de los números que nos presenta la Facultad de Ingeniería de la carrera de Ingeniería industrial nos muestra que los alumnos siguen sin animarse a emprender.

Cuando terminan de cursar y rendir sus materias de grado, para recibirse pueden realizar un trabajo final donde tienen una cátedra que los asiste y guía a los alumnos en sus trabajos finales de la carrera.

Por otra parte la Resolución 524/11 dice que el estudiante podrá obtener la equivalencia del Trabajo Final siempre que cumpla con las siguientes pautas:

- No adeudar más de una asignatura además del Trabajo Final.

- Acreditar haber trabajado en temas afines a la carrera en que se encuentra inscripto por un período mayor a un año. Deberán tener continuidad en dicha actividad o haberla tenido hasta no más de un año antes del momento de la presentación de la solicitud de equivalencia.

- La Facultad a través de su Área Académica se encargará de la certificación.

- Deberá presentar un informe de las tareas realizadas dirigido al Director de Carrera correspondiente quien analizará y aprobará el mismo dando conocimiento al Área Académica.

- De ser necesario, la Dirección de Carrera podrá solicitarle al alumno una breve exposición.

Aclarado esto, se sabe que en el 2015 egresaron 73 estudiantes de ingeniería industrial y 41 de ellos lo hizo por medio de la opción de equivalencia (Res 524/11), y por trabajo final 32 alumno. En el 2015 egresaron 94 alumnos de la carrera de ingeniería industrial y 74 eligieron finalizar sus estudios optando por equivalencia y 20 realizaron el trabajo final. Gráfico 1.

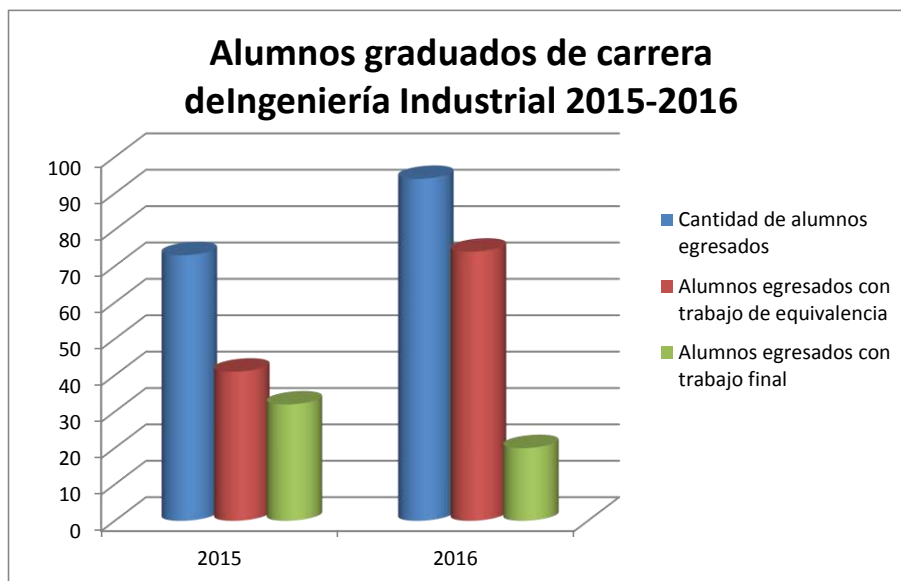


Gráfico 1. Alumnos egresados de la carrera de ingeniería industrial.. Trabajo de equivalencia y trabajo final. 2015-2016. Fuente elaboración propia

También investigamos que, de los que realizaron trabajos de equivalencia, ninguno optó por llevar adelante un emprendimiento propio. Como se puede ver en la tabla 1, donde se presenta a las empresas y debajo la cantidad de alumnos que realizaron sus trabajos en ellas; la mayoría trabajan o realizaron sus trabajos para equivalencia en YPF, Quilmes y Siderar. Esta información analizada fue un disparador y alarma en que los alumnos, por lo menos en el período en el cual se encuentran en la facultad, no emprenden.

Molino Cañuelas	Siderar	Praxiar S.R.L.	COCA COLA Regionald S.A.	G.E.M.A.	Transpetrol sur S.R.L.	Ternium Siderar	Aremet	Quilmes Cervecería y Maltería S.A.C.A. y G.	KIMBERLY-CLARK S.A.	Día Argentina S.A.	Grupo ASSA
1	2	2	2	3	2	5	1	7	2	2	2
YPF	Weizur	Haics. Ingeniería en computación	Oracle: GrupoCepas	GL Consultora S.R.L.	Aluar	Techint. Teneris	Poman Servicios S.-A.	Reckitt Benckiser S.A.	Seinad Consultores	Accenture/ Ternium	P&G SRL
15	3	1	3	1	3	3	1	4	2	3	2
Taranto S.A.	Sbaicse s.a. "Ingeniería, Constrcciones y Servicios eléctricos"	Aleferdi Tecnologías S.A.	THOMSON REUTERS	Ing. Leoni y Asociados	La Carbonera S.A.	Laboratorio Agropecuario	FURUKAWA	Y - TEC YPF Tecnología	Transba S.A.	PSA Peugeot Citroen	UIDET Formulacióm y Evaluacióm de Proyectos
2	1	2	2	1	1	2	1	2	1	3	2
Renault Autos Ciara del grupo Randazzo	Laboratorio Weizur S.A.	Consultora Austral S.A.	Dolavon coop textil	Organismo provincial para el desarrollo sostenible	Electromecánica Orli	sodimac home center Weber SAINT-GOBAIN	GOOGLE Argentina	Eleprint	Instituto de investigación y desarrollo tecnológico para la agricultura familiar. Región pampeana	UIDIC	Grupo Cepas I&V esnetegis s.a.
2	2	2	2	1	2	2	2	2	3	2	1

Tabla 1. Empresas en las cuales trabajaron los estudiantes graduados en ingeniería industrial que realizaron el trabajo de equivalencia de la Facultad. 2015 y 2016. Fuente de elaboración propia

6.2. UIDET Formulación y Evaluación de Proyectos. Incubadora Gioconda

Con la idea de fomentar a los estudiantes de la carrera de Ingeniería industrial y a todo grupo o unidad de trabajo que tenga la Facultad de ingeniería de otras carreras, la idea del emprendedorismo y de poder darle forma concreta a sus ideas, innovaciones o proyectos mediante unidades de negocios; la UIDET, en el 2016, se presenta ante el Ministerio de Producción de la Nación para ser parte de la red de incubadoras. Esto da la oportunidad de poder ayudar a este grupo de actores a llevar adelante sus proyectos a través de la incubación: asesoramiento y obtención de financiamiento y del asesoramiento técnico.

GIOCONDA, la incubadora de la Facultad de Ingeniería, surge con el objetivo de apoyar el desarrollo regional, provincial y nacional mediante el incentivo a la innovación, a las acciones que generen crecimientos productivos de base tecnológica y a toda idea de proyecto productiva a la cultura emprendedora. Además de acompañar y asistir a las oportunidades e ideas de los alumnos de la Facultad y gestionar recursos e infraestructura para la exitosa promoción de emprendimientos de base productiva y tecnológica. También promover la puesta en valor del conocimiento generado en la Facultad, considerando para ello principios éticos, legales y ambientales sobre el impacto que produce su aplicación en el medio.

En la UIDET, se destaca por el equipo multidisciplinario y la incumbencia a niveles productivos, de procesos además del desarrollo técnico- económico de los proyectos.

Los primeros pasos que dio la incubadora fue una charla informativa en la Facultad, de difusión de la incubadora destacando sus objetivos, líneas de trabajo y programas de financiamiento a los que se podía acceder en función a las ideas presentadas. De dicha experiencia se generaron algunas ideas de negocios.

Además, se incorporaron jornadas de Ingeniando Emprendimientos dentro de la incubadora para que las diferentes carreras de ingeniería puedan presentar sus proyectos y al ganador darle la posibilidad de acceder al financiamiento y asistir a los cursos de postgrado y todo aquello cursos que promueva la UIDET.

Los cursos de postgrado se fusionan con algunas charlas con emprendedores, donde transmiten sus experiencias en la incubadora y se destinan algunas clases para presentar a la incubadora y sus líneas de financiamiento, ya que la difusión es muy importante.

En su trabajo de informar e implementar la idea, dentro de la facultad, de que se acerque a presentar sus ideas para emprender, se plasman algunas herramientas de financiamiento

importantes que los pueden ayudar a comenzar a llevar adelante sus negocios en un mercado concreto.

Otra actividad importante, es comunicar las herramientas de financiamiento que promueve la incubadora para impulsar los emprendimientos. No es menor expresar claramente el financiamiento a los que tienen acceso, ya que es una forma concreta de empezar.

6.3. Herramientas de financiamiento

6.3.1. Ministerio de Producción, Ciencia y Tecnología de la Provincia de Buenos Aires. BA INNOVA

BA Innova es un Programa que tiene como objetivo general potenciar el desarrollo y crecimiento de las micro y pequeñas empresas radicadas en la Provincia de Buenos Aires, a partir del impulso de jóvenes y nuevas empresas dinámicas e innovadoras, así como también promover el espíritu emprendedor de aquellas personas que tengan ideas con potencialidad de convertirse en negocios basados en desarrollos tecnológicos.

Los ganadores del concurso podrán acceder a una línea de crédito con montos de hasta \$400.000, a una tasa fija del 6 % anual y un plazo de devolución de hasta de 5 años incluyendo un período de gracia de capital de hasta 1 año.

Destacamos que la convocatoria es en abril del 2017 y hasta el mes de junio del corriente. Por lo que algunas líneas de financiamiento son con fechas determinadas de apertura y cierre y otras son de ventanilla permanente.

El financiamiento será destinado a empresas micro y pequeñas formalmente constituidas, que desempeñen su actividad principal en el ámbito de la provincia de Buenos Aires y que posean entre seis meses y no más de diez años de trayectoria en el mercado en el cual se desarrollan. En el marco de esta convocatoria se podrán presentar proyectos vinculados a Innovación en productos, procesos y gestión y Modernización tecnológica. En la Tabla 2 se resumen las condiciones el crédito

Monto máximo de crédito	\$400.000
Tasa de interés	6 % fija
Plazo total de devolución	5 años
Período de gracia del capital	1 año
Tipo de proyecto a financiar	Innovación y/o modernización tecnológica

Tabla 2: Condiciones del crédito

6.3.2. El Ministerio de Producción de la Nación.

Las Secretarías de Industria y Servicios, y de Emprendedores y PyMEs del Ministerio de Producción de la Nación presentan herramientas de financiamiento que clasifica en: Pymes, Emprendedores, Consumidor, Comercio, e Industria.

Este trabajo se centra en aquellas líneas de financiamiento que apoyan a los Emprendedores, por ser el que reúne las mejores condiciones para incentivar a los estudiantes de ingeniería a llevar adelante sus ideas y transformarlas en proyectos dinámicos, escalables e innovadores.

6.3.2.1. Pac Emprendedores

Dentro de las líneas para emprendedores, se encuentra financiamiento mediante Aportes No Reembolsables (ANR) denominado PAC Emprendedores con el emblema de “Si tenés una idea para desarrollar un negocio o ya tenés un proyecto productivo en marcha, podés recibir ayuda de una incubadora y acceder a un financiamiento de hasta \$400.000 (el 85% del total del proyecto) sin tener que devolverlos”.

Aquí es donde aparece el concepto de incubadora; como una organización que ayuda a crear y hacer crecer empresas jóvenes a través de financiamiento, asesoramiento, capitalización y capacitación. La incubadora va a asistir y acompañar en todo momento que se aplique el programa.

Los requisitos para acceder al programa

Para poder obtener esta línea de financiamiento, se debe tener un emprendimiento o una empresa con menos de dos años de actividad económica verificable ante la AFIP.

Los pasos a seguir para acceder al préstamo

Elegir una incubadora registrada en la Red Incubar y ponerse en contacto con ella.

Con la ayuda de la incubadora, grabar un video y contar la idea general del proyecto. Después subirlo a YouTube o a Vimeo y enviar el link del video al sistema online DNA2.

Si el video es aprobado, cargar el plan de negocio junto a la incubadora. Acá se puede ver cómo cargar el plan de negocios.

Si el plan resulta preaprobado, presentar la documentación respaldatoria.

Cuando el proyecto esté aprobado formalmente, llega una notificación y a partir de ahí se puede pedir el primer aporte en dinero para el emprendimiento.

En todo este proceso, la incubadora está presente y acompaña al emprendedor.

6.3.2.2. Fondo Semilla

Es una herramienta que busca federalizar el acceso al capital emprendedor brindando asistencia técnica y financiera aquellos participantes que pretendan dar inicio a un proyecto o potenciar uno ya existente con grado de desarrollo incipiente.

La asistencia técnica es brindada a través de una incubadora perteneciente a la red de incubadoras del Ministerio de Producción de la Nación, la asistencia financiera es de hasta \$250.000 a tasa 0%, el plazo de ejecución es de 6 meses y el plazo de devolución del préstamo es de 60 meses con un período de gracia de 12 meses.

Pueden participar emprendedores argentinos o extranjeros con residencia permanente mayores de 18 años, empresas constituidas (S.A., S.H., S.R.L.), emprendimientos productivos con un año de actividad desde la emisión de la primer factura y emprendimientos productivos con impacto social también con actividades hasta un año.

Serán seleccionados aquellos proyectos productivos, innovadores con impacto social y perspectiva de género y proyectos sustentables y competitivos.

Las actividades o sectores elegibles son: industria manufactura, industria electrónica, industria cultural, tecnología de salud, reutilización de residuos, información y comunicación.

Los fondos pueden ser destinados a inversión en bienes de capital, capital de trabajo, servicios profesionales (hasta un 35%), obras civiles (hasta un 20%), marcas y patentes y certificaciones y legalizaciones (\$10.000).

Para acceder a esta línea de financiamiento, se deben comunicar con una incubadora de la red nacional de incubadoras. Las mismas son facilitadoras de la formulación, ejecución y rendición del plan de negocios.

Aquel proyecto que reúna la mayor cantidad de condiciones que aparecen en las Tabla 3 y Tabla 4, tienen mayor posibilidad de ser seleccionado. El Plan será aprobado cuando reúna más de 60 puntos.

Mercado	Producto/Mejor a de Producto	Proceso productivo	Estrategia comercial	Plan de inversión
Mercado objetivo y una demanda potencial del producto hagan posible un proyecto sustentable	Producto/ Proceso con algún grado de innovación y/o diferenciación	Proyectos que internalicen alguna de las etapas de producción	Deberá atender los desafíos del sector planteados en el análisis del mercado	Consistente con el producto, el mercado y el proceso productivo.
Proyectos con un mercado/segmento claro	Se permite el desarrollo de prototipos	Inicio de las habilitaciones comprendidas	Se evalúan estrategias novedosas y diversificadas	Inversiones en capital que tengan vinculación directa e incidencia en el Plan de Negocios

Tabla 3: Criterio de evaluación: 10 Puntos. Fuente de elaboración: Secretaría de emprendedores y de la Pyme. Ministerio de Producción de la Nación.

Plan Financiero	Impacto territorial	Equipo	Impacto Social	Perspectiva de género
Proyección detallada y desagregada de ingresos y egresos	Innovación territorial, generación de empleo y fortalecimiento de cadenas productivas locales.	Miembros complementados en sus funciones	Medio ambiente, comunidad vulnerable, accesos a servicios básicos, salud y educación.	Identifica y resuelve una problemática de género
Debe contemplar existencias de estacionalidad en el flujo de fondos		Trayectoria laborales y profesionales acordes.		

Tabla 4: Criterio de elegibilidad. Fuente de elaboración: Secretaría de emprendedores y de la Pyme. Ministerio de Producción de la Nación.

6.3.3. Ministerio de Desarrollo Social

El Ministerio de Desarrollo Social. Presidencia de la Nación, ofrece Microcréditos con el objetivo de que los emprendedores puedan organizarse, capacitarse y mejorar sus condiciones de trabajo.

Para ello, otorgan microcréditos a una baja tasa de interés, destinados a proyectos productivos, comerciales o de servicios que necesiten insumos y maquinaria para fortalecer su actividad.

Se tramita en la organización de microcrédito más cercana al domicilio.

Los pasos a seguir son: Localizar la organización de microcrédito más cercana al domicilio en el mapa interactivo., Luego comunicarse con la organización seleccionada para conocer los pasos a seguir, ya que cada una tiene su propia metodología de trabajo.

Lo que se debe saber es que la Comisión Nacional de Microcrédito no entrega ni gestiona el crédito directamente con los emprendedores sino que lo hace a través de las instituciones de microcrédito.

Con los Microcréditos se tiene la posibilidad de adquirir: insumos materiales o herramientas a una tasa de interés de hasta el 6 % anual.

El monto del préstamo varía según las características del emprendimiento y de la finalidad que tenga el microcrédito, pero en ningún caso supera los 12 salarios mínimos vital y móvil.

Los Microcréditos están principalmente destinados a personas que desarrollan un emprendimiento productivo, comercial o de servicios de manera asociativa y/o familiar, y a cooperativas de trabajo y sus asociados.

Para estas líneas de financiamiento no es necesario realizarlo a través de la incubadora, pero de todas formas son líneas de financiamiento que se da a conocer a la comunidad educativa para casos en los cuales sea oportuno y a los cuales se los asiste de todas formas como idea de ayudarlos en sus emprendimientos.

7. CONCLUSIONES

Existen líneas de financiamiento que pueden ayudar a los estudiantes a desarrollar su creatividad, a llevar adelante sus ideas innovadoras. Lo pueden lograr mediante asistencia técnica y financiera necesaria para iniciar y luego el seguimiento que haga que puedan generar negocios sostenibles en el tiempo. Estas nuevas empresas generan un crecimiento económico y social a nivel regional.

Se necesita a la universidad como nexo para asistir técnicamente a los estudiantes para conocer, evaluar y acceder a las líneas de financiamiento que ofrece los diferentes actores gubernamentales, y así poder desarrollar su creatividad, innovación y conocimiento y crear empresas que ayuden a fortalecer a diferentes sectores económicos regionales.

Las incubadoras están cumpliendo un importante rol en este aspecto de servir como mecanismo articulador de estos 3 sectores: gobierno-universidades-empresas. No obstante, se requiere seguir avanzando en esta misma línea.

Por otro lado, hay que hacer notar que todavía resulta muy difícil, que el mundo académico, quienes hacen la investigación de punta, dé los pasos necesarios para avanzar hacia etapas más comerciales. Las universidades o algunas carreras dentro de las facultades, todavía se enfocan solo desde el punto de vista más puro de investigación y otras deben trabajar con más fuerza.

Por lo que hay que destacar el compromiso de docentes que fomentan al emprendedorismo, innovación y creatividad dentro de las facultades y logren formar grupos de trabajos, y en forma de incubadoras, puedan ser el nexo entre los alumnos y el acceso al financiamiento, asistencia y compromiso para llevar adelante sus ideas o proyectos.

El apoyo a la formación de Incubadoras universitarias que fomenten la I&D tecnológica, así como la creación de mecanismos e instrumentos de apoyo al financiamiento de los proyectos de creación de nuevas empresas, tales como Pac emprendedores, Fondo Semilla y un mejor acceso a los capitales de riesgo, constituyen un desafío para el país.

Las incubadoras pueden ser exitosas siempre y cuando lleguen a ser un real instrumento de fomento productivo y desarrollo económico, es decir, cuando asocien la capacidad de "incubar" con las de generar dinámicas internas y externas relacionadas con la productividad, con la innovación y con la creatividad.

4. REFERENCIAS.

- [1] Carlos Hernández Rodríguez, Raúl Manuel Arano Chávez (2015). "El desarrollo de la cultura emprendedora en estudiantes universitarios para el fortalecimiento de la visión empresarial". Ciencia Administrativa
- [2] Nofal Nagles (2007). "La gestión del conocimiento como fuente de innovación". Revista Escuela de Administración de Negocios Universidad EAN Bogotá. Colombia
- [3] Richard A. Brealey, Steward C. Myers (1998). "Fundamentos de financiación empresarial". Quinta edición. Ed. Mac Graw Hill
- [4] Barragán Andrea." El papel de las incubadoras en las universidades" <http://www.pymerang.com>
- [5] Samela Gabriela (2011). "Cada vez más universidades tienen incubadoras de empresas". Clarín, Economía
- [6] <http://www.produccion.gob.ar>
- [7] <http://www.desarrollosocial.gob.ar/microcreditos>
- [8] <http://pulsosocial.com/2014/06/06/minerva-la-incubadora-de-la-unlp-y-el-rol-de-las-universidades-en-el-ecosistema-emprendedor/>

¿Schumpeter o Kirzner? ADN del acompañamiento a emprendedores en la Universidad Nacional de Mar del Plata

Morcela, Oscar Antonio*; Cabut, Mercedes; Bertone, Bruno;
Petrillo, Jorge Domingo

Observatorio Tecnológico (OTEC), Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial,
Universidad Nacional de Mar del Plata.

Av. Juan B. Justo 4302, (7600) Mar del Plata. otec@fi.mdp.edu.ar;
omorcela@fi.mdp.edu.ar; mercedescabut@gmail.com; petrillo@mdp.edu.ar;
brunobertone10929@gmail.com

RESUMEN

Si bien los programas de incubación de empresas buscan contribuir al desarrollo emprendedor facilitando la formación de nuevas ideas de negocio, hasta su estadio de empresa, el emprendimiento como campo de investigación es aún joven; varios estudios giran alrededor de la empresa, desconociendo a la persona. La complejidad del tema no ha permitido que los investigadores se pongan de acuerdo en una única teoría, pero en su conjunto, se complementan una de la otra. Por un lado, aparece la influencia de Schumpeter, quién introduce un elemento importante como es la innovación, la cual involucra algo más que creatividad o invención; por su parte Kirzner se basa en un concepto empírico de empresario y un atributo específico que lo define: su perspicacia o capacidad personal de identificar oportunidades de negocio.

En el presente trabajo se identificó un conjunto de factores que permiten caracterizar los aspirantes al Programa "Acompañando Emprendedores", con el fin de conocer las oportunidades de mejora y reforzar las dinámicas de trabajo. En una primera instancia, se sistematizó la información documentada, se caracterizó el proceso de asistencia, y se identificó un nivel de deserción cercano al 32% en las etapas iniciales, seguido de un 23% de abandono, con el proyecto en marcha.

En la siguiente instancia, se analizaron los resultados particulares y se completó el estudio mediante entrevistas para detectar los aspectos no mencionados en la documentación existente.

Se encontró que el Programa parece mejor adaptado a cubrir las necesidades del grupo de emprendedores de características Schumpeterianas, aunque dicho perfil representa sólo el 25% de los aspirantes.

Palabras Claves: perfil emprendedor, Schumpeter, Kirzner, desarrollo local.

ABSTRACT

Although business incubation programs seek to contribute to entrepreneurial development by facilitating the formation of new business ideas, up to their stage of business, entrepreneurship as a field of research is still young; several studies focus on the company, ignoring the person. The complexity of the subject has not allowed researchers to agree on a single theory, but as a whole, they complement one another. On the one hand there appears the influence of Schumpeter, that introduces an important element such as innovation, which involves something more than creativity or invention; for his part Kirzner is based on an entrepreneurial empirical concept and a specific attribute that defines it: his perspicacity or personal ability to identify business opportunities.

In this paper, we identified a set of factors that allow characterize the aspirants to the "Acompañando Emprendedores" Program, in order to recognize the opportunities of improvement and to reinforce the work dynamics. In the first instance, the documented information was systematized, the assistance process was characterized, and a dropout level close to 32% was identified in the initial stages, followed by a 23% dropout, with the project already started.

At the following instance, the particular results were analyzed and the study was completed through interviews to detect the aspects not available in the documentation of the program.

It was found that the Program appears to best suit the needs of the Schumpeterian entrepreneurs, although this profile represents only 25% of applicants.

1. INTRODUCCIÓN

En función a los distintos enfoques sobre las teorías de emprendimientos, partiendo de dos de sus exponentes clásicos, como son la teoría del desarrollo económico propuestos por Joseph Schumpeter y la teoría del emprendedor de Israel Kirzner, se busca caracterizar el proceso de acompañamiento a emprendedores del sistema de tutorías de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP) y reconocer oportunidades de mejora para adaptar el proceso a las necesidades de los emprendedores.

El alcance del presente trabajo se circunscribe a las acciones realizadas en el marco del Programa "Acompañando Emprendedores" de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales que desde el año 2010 incorpora un servicio de tutorías denominado "Oficina de Apoyo al Emprendedor" (OAE), que se ha extendido a la mayoría de las unidades académicas de la UNMDP.

En el año 2016, se implementa por primera vez, en las distintas Facultades de la Universidad, en consonancia con la constitución de la Incubadora de Empresas de Base Tecnológica e Industrial (IE-UNMDP), recibiendo una afluencia de 76 postulaciones de aspirantes, que con diversos resultados transitaron algunas de las instancias propuestas por el Programa. El presente trabajo pretende contribuir a la consolidación de las OAE detectando oportunidades de mejora en base a las experiencias de los emprendedores atendidos en el año 2016.

El emprendimiento como campo de investigación, está en proceso de legitimación, pese al gran interés por parte de investigadores de diversas disciplinas, académicos y organizaciones públicas y privadas. La complejidad del tema no ha permitido que los investigadores se pongan de acuerdo en los conceptos y en una única teoría. Pero, en su conjunto, se complementan una de la otra; por tanto, el emprendedor y el emprendimiento deben verse como un evento contextual en un ecosistema, bajo un pensamiento sistémico que difiere de una persona a otra, de ahí que no se deba buscar una receta mágica que conduzca al éxito [1].

Los distintos enfoques sobre la teoría del desarrollo económico ubican al emprendedor con un rol central, y en el análisis se hará foco en el nivel macro, desde los ya mencionados modelos de Schumpeter y Kirzner. Mientras el primero caracteriza al emprendedor como el agente que lleva adelante los procesos de innovación poniendo el acento en la ruptura que significa una innovación y la apertura de una nueva configuración de equilibrio, el segundo enfatiza su capacidad de identificar oportunidades con foco en el rol equilibrador, en tanto que detecta una oportunidad dada por el mercado.

Con estas bases conceptuales, los programas de incubación de empresas buscan contribuir al desarrollo emprendedor facilitando la formación de nuevas ideas de negocio, hasta su estadio de empresa [2]. En el mundo sobran las evidencias del impacto de dichos programas. En EEUU por ejemplo, un 87% de las empresas que han sido incubadas sobreviven luego de los 4 años, aunque existe evidencia empírica que sugiere que esta tasa es sustancialmente menor en los países en desarrollo. En el Mercosur, el 60% de los emprendedores brasileños considera a las incubadoras como la principal fuente de apoyo frente al 25% en Argentina [3]. En base estos indicios, resulta indispensable detectar las oportunidades de mejora que permitan incrementar el éxito de los programas a nivel local.

Con ese norte, se buscó identificar el conjunto de factores que pudieran permitir la caracterización a priori de los aspirantes al programa, permitiendo reforzar las dinámicas de acompañamiento para satisfacer las necesidades de los emprendedores asistidos por las OAE. En una primera instancia, se sistematizó la información de las OAE -UNMDP, se caracterizó el proceso de asistencia, y se identificó un nivel de deserción cercano al 32% en las etapas iniciales, seguido de un 23% de abandono, con el proyecto ya en marcha.

Las observaciones iniciales consistían en datos de información agregada, que no permitía un análisis minucioso, al tiempo que tomó forma la hipótesis de que el éxito del acompañamiento estaba relacionado con el perfil de los aspirantes al programa, por lo que se avanzó en su caracterización y análisis desagregado, en base a la documentación disponible en el programa.

Finalmente, se realizaron entrevistas para detectar los aspectos no recabados en la documentación disponible, con el fin de identificar si la respuesta del programa cumple con los requerimientos de los emprendedores, según las características alientes de su perfil.

1.1. Encuadre teórico

El "emprendimiento" como campo de investigación, se encuentra en proceso para consolidar un campo conceptual; muchos estudios giran alrededor de la empresa, desconociendo a la persona [1]. Si bien los albores disciplinares pueden remontarse hasta John Sturat Mill (1848) quien generalizó con su obra el término emprendedor, o Joseph Schumpeter (1934) para quién el empresario innovador es el propiciador de los procesos de innovación, que son la causa del desarrollo de las sociedades [4], la consolidación y explosión del programa de investigación científica en su configuración actual se inicia en 1979 con la publicación del informe de Birch, "The Job Generation Process"

en el que puso de manifiesto que en el período de 1969-1976 el 50% de los nuevos puestos de trabajo en EEUU fueron creados por nuevas empresas.

En 1981 se celebra de la primera conferencia de "BABSON" sobre investigaciones empíricas con la consiguiente edición de los famosos "proceedings" titulados "Frontiers of Entrepreneurship Research", publicados por el Babson College. 1985; asimismo, aparece la publicación del "Journal of Small Business Venturing", y en 1988 la publicación de la "Family Business Review" y la revista "Entrepreneurship. Theory and Practice" continuadora del "American Journal of Small Business"; seguidos en 1989 por la creación del "European Doctoral Programme in Entrepreneurship and Small Business Management" por parte de la Universitat Autònoma de Barcelona, un programa único en el mundo y que se imparte con la colaboración de una red de 14 Universidades europeas [5], cronología que podría continuarse hasta nuestros días, sumando más de 7500 publicaciones en revistas indexadas, 1260 memorias de congresos y reuniones científicas, y más de 980 reseñas críticas. De todos modos, las publicaciones periódicas enumeradas previamente representan los journals más prolíficos en titulares de la disciplina, por tanto, referentes del campo [1].

En virtud de que el campo de estudio es muy amplio, no existe una sola teoría de la función empresarial y la creación de empresas, sino muchas, con base en los estudios de las diversas escuelas que se abocaron a la investigación sobre el tema. Si se analiza con rigor la evolución y el estado actual de este campo de investigación es posible identificar, una serie de teorías que reflejan enfoques teórico muy distintos. También es posible distinguir tres niveles de análisis. Este esfuerzo de clasificación taxonómica fue llevado a cabo por [6], con el objetivo de ofrecer una visión de conjunto de esta joven, pero amplia área de conocimiento; facilitar a los estudiosos del tema una guía que les permita profundizar en el estudio del mismo o de alguna teoría; y proporcionar a los estudiantes que se interesan por primera vez por este campo distintos marcos teóricos que les ayuden en su decisión sobre el diseño de investigaciones empíricas.

La clasificación propuesta, sin pretender ser exhaustiva ni, por tanto, integrar todas las posibles teorías existentes, se concentra en el análisis a tres niveles (Micro, Meso y Macro), discriminando entre cuatro posibles enfoques (Económico, Psicológico, Sociocultural y Gerencial).

El nivel Macro de análisis, corresponde a la mirada general del concepto de innovador y su efecto sobre la creación de empresas, que son el motor del crecimiento económico de un territorio [7], aunque sólo en las últimas dos décadas, su efecto ha comenzado a ser tenido en cuenta en los modelos de crecimiento económico [8].

Las teorías clasificadas bajo el enfoque Gerencial parten del supuesto que la creación de empresas es fruto de un proceso racional de decisión en el cual son decisivos los conocimientos y las técnicas elaboradas en las áreas de conocimiento de la economía y dirección de empresas. Se trata de uno de los enfoques más recientes, sin que todavía exista su reconocimiento como tal en el ámbito académico, por lo que no se han desarrollado teorías específicas para el nivel Macro de análisis [5]. Bajo el enfoque Sociocultural, las teorías presentadas tienen un núcleo firme común: el supuesto básico que la decisión de convertirse en empresario y, por tanto, la creación de nuevas empresas está condicionada por factores externos o del entorno. Es decir, son los factores socioculturales o el marco institucional el que determina el espíritu empresarial y la creación de empresas en un determinado momento y lugar. Esto sin duda va alineado con los supuestos con una publicación paradigmática del enfoque histórico de la Escuela de Harvard en esta época, que es el estudio de [9] del efecto de las diferencias culturales sobre el comportamiento empresarial, comparando EEUU con tres países latinoamericanos (México, Puerto Rico y Argentina).

Por lo expuesto en los párrafos de marrras, resulta de interés enfocar el análisis sobre el estudio de las teorías desarrolladas desde los enfoques Económico y Psicológico.

Sin duda, la obra más prominente que se destaca en el análisis del Enfoque Económico, a nivel macro, es la de Schumpeter titulada "Teoría del desarrollo económico" publicada en 1912. Aunque es habitual ver citada la definición de empresario de Schumpeter, no es ésta la contribución más significativa de este autor [4]. Hay que tener en cuenta que el concepto de empresario de Schumpeter es un concepto, un tipo ideal de empresario de cuño Weberiano que Schumpeter utiliza para explicar su teoría del desarrollo económico.

Para Schumpeter "empresario" es toda persona "que realiza nuevas combinaciones de los medios de producción" y, por tanto, incluye no solo a aquellos hombres de negocios "independientes", sino a todos los que realicen dicha función, "aun si son "dependendientes" (sic), o empleados de una compañía, y cesan de serlo o pierde su carácter de empresario tan pronto como han establecido su empresa o empiezan a dirigir el negocio de forma rutinaria [5].

La importante contribución de Schumpeter está en su explicación del desarrollo económico, una contribución que sólo en los últimos años ha empezado a estar valorada en su justo término. La creación de nuevas empresas como factor de desarrollo económico depende, según Schumpeter, del comportamiento del "empresario" que hace una nueva combinación de factores, suponiendo una nueva función de producción.

En términos generales, se puede afirmar que el enfoque económico, aunque fue el que predominó en los comienzos de este programa de investigación, no es el que más atención ha atraído en las

últimas décadas. Sin embargo, justo es señalar que hay algunas aportaciones significativas de autores recientes, como es el caso de Casson [10] que desarrolla el concepto de empresario como coordinador de las actividades del mercado y las de Baumol [11 y 12] explicando las dificultades y posibilidades de desarrollar una teoría económica de la función empresarial y creación de empresas, dando origen a numerosas investigaciones empíricas al respecto.

De todos modos, se puede afirmar que, aunque Schumpeter no desarrolla propiamente una teoría sobre el emprendimiento, introduce un elemento importante como es la innovación, la cual involucra algo más que creatividad o invención; de esta forma se crea la diferenciación entre el emprendedor, el inventor y el capitalista, el emprendedor como alguien innovador más que inventor y que quien financia el proyecto.

Finalmente es necesario hacer referencia al enfoque Psicológico, que supone un cambio radical frente al anterior desde el punto de vista metodológico, y es el que dominó el campo de la investigación empírica en las décadas de los setenta y ochenta. Bajo este enfoque no se trata de elucubraciones teóricas en el marco del esencialismo metodológico sobre quién es y cómo definir al empresario, sino que aquí se investiga al empresario "como la persona de carne y hueso que crea una empresa", es decir las investigaciones se basan en lo que se ha denominado "un concepto empírico de empresario" [13].

El núcleo de las teorías psicológicas del empresario, son las dos siguientes suposiciones básicas: el empresario tiene un perfil psicológico distinto del resto de la población; y, los empresarios de éxito tienen un perfil psicológico distinto de los empresarios menos exitosos.

A partir de estas suposiciones, las investigaciones empíricas se centraron en determinar cuáles son los rasgos psicológicos o atributos que diferencian a los empresarios de los no empresarios, y a los empresarios de éxito frente a los menos exitosos. El objetivo último de este enfoque es poder identificar a las personas con perfil de empresario o a los empresarios de éxito, con el fin de poder establecer políticas de fomento a la creación de empresas y empleo.

De todas formas, los resultados de las numerosas investigaciones empíricas no siempre han sido coincidentes sobre los rasgos psicológicos definitorios del empresario. Por este motivo, se ha cuestionado tanto el enfoque como la metodología e instrumentos utilizados en la investigación. Tanto es así que autores como Gartner [14], han propuesto abandonar la búsqueda de rasgos o atributos que diferencien a los empresarios de los no-emprendedores o que expliquen el éxito de las nuevas empresas. A pesar de ello, existe una abrumadora evidencia empírica que confirma los rasgos antes indicados, sobre todo, la independencia, motivación de logro, control interno y tolerancia de la ambigüedad.

Actualmente, el pensamiento de la escuela austríaca es la referencia en este enfoque. Si bien es cierto que Carl Menger fundó la Escuela Austríaca de Economía, fue con Ludwig von Mises con quien empezó a perfeccionarse el término emprendedor; más tarde el máximo representante de esta escuela fue su alumno Israel Kirzner, con su "Teoría del empresario" de 1973, que corresponde al enfoque psicológico a nivel macro, aunque desde el punto de vista taxonómico estaría igualmente justificado enmarcarla bajo el enfoque económico [5]. Lo que posibilita un pie de comparación con la teoría Schumpeteriana previamente comentada.

Para Kirzner empresario es aquél que está alerta a las oportunidades de negocio que no han sido identificadas por otros. El término central del empresario de Kirzner es "alertness", sustantivo de difícil traducción al español, que significa "un estar alerta"; también se ha traducido por "perspicacia" frente a las oportunidades de negocio [5]. Este conocimiento de las oportunidades de negocio, "perspicacia" o capacidad para identificarlas, es lo que define al empresario, según dicho autor. Sin embargo, puntualiza que "el aspecto del conocimiento que es crucialmente relevante para la función de empresario no es el conocimiento substantivo de los datos del mercado sino la "alertness" (perspicacia) y el "conocimiento" de dónde encontrar los datos del mercado", lo que podría pensarse como orientación al proceso.

También para Kirzner, como es el caso de Schumpeter, el empresario desempeña un papel importante en la economía. Este parte de un mercado en desequilibrio e imperfecto. Precisamente porque el mercado está en desequilibrio existen oportunidades de negocio. El empresario, con su actuación, conduce el mercado hacia un estado de equilibrio, que evidentemente nunca se alcanza.

El enfoque de Kirzner, a diferencia de los otros planteamientos teóricos sobre el empresario bajo el enfoque económico, se basa en un concepto empírico de empresario y en un atributo específico del mismo que lo define: su perspicacia o capacidad personal de identificar oportunidades de negocio. Últimamente, se están iniciando investigaciones empíricas basadas en la teoría cognoscitiva que pretenden explicar la naturaleza de esta capacidad especial de identificar oportunidades de negocio y las posibles diferencias que puedan existir en la forma de percibir y procesar la información por parte de los distintos tipos de empresarios [4]. Por esta razón, se incluye esta teoría bajo el enfoque psicológico a nivel macro, porque trata de explicar el proceso de mercado en función de este atributo personal del empresario que hipotéticamente lo define y distingue del resto de la población.

A modo de resumen de los sustratos teóricos que cimientan el presente trabajo, se sintetizan a continuación (Tabla 1), las particularidades centrales de la definición y características del emprendedor,

tanto desde el punto de vista de la visión Schumpeteriana [15, 16, 17, 18 y 23] como de la visión Kirzneciana [18, 19, 20, 21, 22, 23].

Tabla 1: *Definición y caracterización del Emprendedor. Fuente: adaptado de Herrera Guerra y Montoya Restrepo (2013) [1].*

Autor	Definición	Caracterización
Joseph Schumpeter (1883-1950)	Persona extraordinaria que promueve nuevas combinaciones o innovaciones, no obstante, sus actividades generan inestabilidades en los mercados Persona con idea de negocio, el innovador, el que pone las ideas en movimiento, haciéndolas poderosas y potencialmente rentables (destrucción creativa) Individuo iniciador del cambio y generador de nuevas oportunidades Persona que perturba el equilibrio del mercado con su innovación Innova mediante la introducción de nuevos productos, procesos, apertura de un nuevo mercado, una nueva fuente de abastecimiento, e incluso mediante la creación de nuevas formas de organización	Posee aptitudes fuera de las actividades rutinarias que están presentes solo en una pequeña fracción de la población, para producir un nuevo producto o uno viejo de una nueva manera Posee capacidades para resolver problemas y tomar decisiones, su tarea consiste en romper con la tradición y construir una nueva forma de interpretar las interacciones Se caracteriza por realizar nuevas combinaciones Es brillante, imaginativo, innovador, atrevido, lleno de recursos Le da importancia a la voluntad individual y la motivación, a la capacidad de alterar el statu quo económico por medio de innovaciones Más que la creatividad o la invención, es volverla realidad al llevarla al mercado, vencer las dificultades del entorno y, sobre todo, lograr el éxito continuo y prolongado, todo esto está asociado al liderazgo
Israel Kirzner (1930-)	Aquel sujeto que descubre en el mundo de conocimiento imperfecto una oportunidad que otros no han percibido	Capacidad de percibir nuevas oportunidades que otros no hayan notado Darse cuenta de la alerta, de los errores que se han producido, pasar a tomar ventaja de estos descubrimientos y fortalecer así el mercado de forma equilibradora Del estado de alerta se derivan oportunidades hasta ahora inadvertidas Tiene un conocimiento superior del mercado, que utiliza para su ventaja Permanece alerta a los cambios y condiciones del mercado, anticipándolas de la mejor manera posible

Es posible afirmar que, en general, el emprendedor es considerado como una persona creativa, persistente, innovadora, flexible, dinámica, capaz de asumir riesgos, generadora de empleo, transformadora de recursos, entre otras actividades económicas, sociales, ambientales y políticas. Asimismo, es necesario mencionar que las nuevas investigaciones del emprendedor se están preocupando por su entorno y contexto; por la visión holística, sistémica y compleja (escuelas del pensamiento), presentándose como una fortaleza para estas corrientes, lo que permite hablar de responsabilidad social (y otro tipo de emprendedores, como el social, cívico). Todo esto difiere de los primeros pensadores (clásicos, neoclásicos, Schumpeter, austriacos), en el sentido de que su debilidad fue enfocar al emprendedor de forma simplista, solo relacionado con la parte económica y los cambios que este generaba en el mercado [1], pero dichos estudios van más allá de la perspectiva teórica que sustenta este trabajo.

1.2. Programa de Acompañamiento al Emprendedor

El Programa "Acompañando Emprendedores" de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales que desde el año 2010 incorpora un servicio de tutorías denominado "Oficina de Apoyo al Emprendedor" (OAE). En el año 2016, se implementa en las distintas Facultades de la Universidad, en consonancia con la constitución de la Incubadora de Empresas de Base Tecnológica e Industrial (IE-UNMDP).

Como parte de la red de OAE, se han desarrollado espacios destinados a dar asistencia directa a los emprendedores, brindando apoyo desde distintas disciplinas, tanto para ayudar en el desarrollo e implementación de proyectos nuevos, como para la consolidación de otros ya existentes.

Para realizar la asistencia a los emprendedores, se ha diseñado un acompañamiento, con base en la oferta de capacitaciones y tutorías. Emulando los procesos de enseñanza-aprendizaje destinados a los alumnos de la Universidad, se busca desarrollar las capacidades del emprendedor y, a partir de este proceso de instrucción, llevar adelante la idea de negocios. Se busca trabajar desde la formación de la persona, permitiendo su autonomía luego de recibir los servicios de acompañamiento [24].

Esta autonomía se basa en una visión de generación de modelos de negocio, mediante la cual se pretende que el emprendedor sea capaz de reconocer el entorno dinámico y adaptar su propuesta de valor a los continuos cambios que el mismo le presenta.

A su vez, se complementa el acompañamiento con un abordaje sistémico del proceso emprendedor propuesto [3]; se trabaja en el desarrollo de redes con motivo de facilitar al emprendedor el acceso a un ecosistema emprendedor abordando el acceso a recursos, contactos y organizaciones empresariales.

Para poder llevar adelante el proceso, se reconocen distintos agentes que intervienen en el acompañamiento, el coordinador de la Oficina de Apoyo al Emprendedor (OAE), los tutores, los mentores, los consultores y capacitadores.

Para ingresar al sistema, el emprendedor toma su primer contacto con el coordinador de la OAE, luego, se completa el alta, con un primer registro donde se relevan sus datos y la situación de la solicitud, si es una idea de negocios, un emprendimiento en marcha o una solicitud de capacitación. En función de la solicitud, el coordinador asigna un tutor líder y un tutor aprendiz adecuados para responder a sus necesidades, o en caso de no tener una idea desarrollada, se puede derivar al solicitante a una capacitación de formación inicial en desarrollo emprendedor.

Luego de ser asignados, los tutores desarrollarán un diagnóstico en conjunto con el emprendedor y determinarán los objetivos del acompañamiento. Generalmente, los emprendimientos participan de una etapa de formulación y posterior validación del modelo de negocios. El tutor, en cada encuentro de asistencia registra los avances en una Planilla de Seguimiento estandarizada que permite a su vez relevar las distintas vinculaciones que el emprendedor genera mediante las redes que el programa pone a su disposición.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización del presente trabajo se partió de una primera etapa que consistió en una búsqueda y sistematización de información parcialmente disponible, por lo que fue necesario reconstruir parte de ella mediante fuentes secundarias, como es el caso de registros no oficiales y borradores disponibles en los correos electrónicos y buck up de algunos integrantes del Programa.

La sistematización permitió establecer categorías de estudio y clasificar la información para luego analizarla. El procesamiento de la información se realizó mediante una planilla de cálculo.

Los métodos cualitativos en ciencias sociales incluyen, entre otros, la observación participante, el análisis cara-a-cara, el análisis de textos, el análisis de entrevistas en profundidad, el análisis conversacional, etc. Existen diversas corrientes teóricas que tienen al análisis cualitativo como su método de investigación. Entre ellas se encuentran la teoría fundamentada [25].

La metodología de recolección y análisis de la información en la segunda etapa, está basada principalmente en los supuestos teórico metodológico de la teoría fundamentada, cuyo principal objetivo es generar un modelo explicativo flexible de un patrón de conducta que sea relevante y problemático para los involucrados.

Una vez estudiado y definido el marco teórico, se procedió a realizar el análisis documental de la información recogida en la primera etapa y posteriormente se analizó la información recogida en la segunda etapa, mediante una serie de entrevistas semiestructuradas, vía telefónica con una muestra intencional de participantes en el proceso de acompañamiento a emprendedores, quienes, por su rol, tiene acceso directo a la información y datos relevantes del proceso.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Perfil Innovador de los Emprendedores aspirantes

Como primera aproximación al análisis de los datos, se procedió a relevar y completar el padrón de aspirantes para participar del programa durante la edición 2016.

Se encontró que se recibieron 76 consultas concretas, considerando la totalidad de las que se pudo hallar registro. El Programa, en su comienzo, no contaba con un sistema estandarizado de registro, por tanto, sólo se pudo acceder a la información de los contactos que se realizaron mediante correo electrónico o durante las charlas informativas, considerando los registros de asistencia a las mismas.

Una vez relevado el padrón de consultas, se procedió a catalogar a los aspirantes, conforme presentaran características Schumpeterianas o Kirznecianas, en base a los criterios descritos en la Tabla 1. La clasificación se realizó en base a la información disponible en los registros y se completó la misma con la ayuda de los tutores actuantes. Se llegó a clasificar 70 de los 76 aspirantes, y su distribución se muestra en el Gráfico 1.

CARÁCTER INNOVADOR DEL EMPRENDEDOR ASPIRANTE

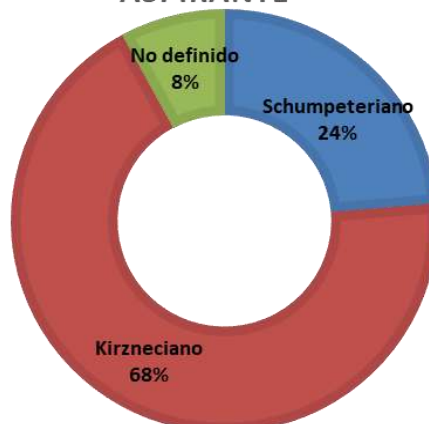


Gráfico 1: *Carácter innovador en los aspirantes al programa Acompañando Emprendedores, durante el ciclo 2016. Fuente: Elaboración propia.*

En general pudo observarse que los aspirantes con características Schumpeterianas se mostraban más orientados al resultado, tenían una idea concreta del negocio y del mercado y consideraban que su producto era realmente novedoso e innovador. Para el caso de los aspirantes con características Kirznecianas, se observó que eran personas con inquietudes emprendedoras, pero en muchos casos sin una idea concreta. En general su aspiración consistía en mejorar sus oportunidades de negocio, en emprendimientos existentes, logrando un mayor conocimiento del mercado, teniendo a reconocer las oportunidades que se les presentaran.

Para el análisis de los resultados cuantificables, se ha centrado el estudio sobre la evolución de los aspirantes que pudieron ser clasificados en alguna de las dos categorías, ya que los restantes fueron consultas con información muy vaga y escasa, que no pudo ser ampliada ni completada y en ningún caso formalizaron su intención de ingresar al programa.

3.2. Resultados cuantificables

Para el análisis de la evolución se van a considerar los 70 casos que completaron la ficha de inscripción al programa, y tuvieron al menos una entrevista con un tutor, por tanto, se dispone de información mínima para su clasificación.

La primera tarea ha sido determinar un estado de avance de cada uno de los ingresantes, conforme a las expectativas o pautas de trabajo acordadas con el tutor al momento del ingreso.

En general se observaron tres situaciones diferenciadas, a saber:

- Los ingresantes traían la intención concreta de acceder a alguna de las líneas de financiamiento disponibles, en muchos casos conociendo las necesidades concretas y las fortalezas de su idea.
- Los ingresantes tenían una idea vaga de su proyecto y requerían asistencia para terminar de definir las características del producto, del proceso productivo, de cuestiones legales e incluso de costos asociados a la producción.
- Los ingresantes no tenían una idea concreta y en muchos casos sólo venían a informarse y mejorar su conocimiento de las dinámicas emprendedoras, ya sea que tuvieran o no un proyecto bosquejado.

Luego de identificar estas tres categorías, se procedió a clasificar a los ingresantes conforme pertenecieran al grupo a), y se les asignó una "P", considerando que su objetivo era aplicar a una línea de financiamiento o Programa (ya sea público o privado); a los del grupo b) se les asignó una "PT", ya que en general se les propuso un Plan de Trabajo en función de las necesidades e inquietudes que ellos manifestaron, y finalmente a los que pertenecían al grupo c), se les asignó la categoría "No def.", que se aplica a los ingresantes que no pudieron definir un plan de tarea inicialmente, pero que comenzarían las etapas de sensibilización para ir dando forma al mismo.

Una vez identificados los objetivos iniciales pactados con el ingresante, se procedió a evaluar el estado de cumplimiento de los mismos al finalizar el ciclo 2016. Se observó que, al culminar el período, sólo tres de los proyectos iniciados aún permanecían activos, mientras que el resto de los proyectos activos que el programa atiende actualmente, han sido iniciados durante el presente ciclo 2017.

Tabla 2: Resultados observados, por carácter y objetivos iniciales, para los participantes del programa en el ciclo 2016. Fuente: Elaboración propia.

Carácter Innovador	Schumpeteriano				Kirzneciano				
Objetivo inicial	P	PT	No def.	S.TOT	P	PT	No def.	S.TOT	TOTAL
No empezó	1	2	4	7	0	6	10	16	23
Continúa	1	0	0	1	0	2	0	2	3
Abandonó	0	1	0	1	3	12	0	15	16
Terminó	6	3	0	9	6	13	0	19	28
Referencias: P = Programa; PT = Plan de Trabajo; No def. = Sin determinar									70

Adicionalmente, se ha verificado que la duración media del proceso de acompañamiento, no muestra diferencias según la clasificación del emprendedor. En tal caso, se ha observado una duración media de $7,0 \pm 2,4$ encuentros de seguimiento, para los Schumpeterianos; mientras que la media es $6,5 \pm 3,2$ encuentros para los Kirznecianos, donde se verifica la consistencia del dato.

En la Tabla 2, se muestran los resultados para el estado de avance de los proyectos, considerando que un proyecto “No empezó”, en el caso de que el mismo no cuente con planillas de seguimiento más allá de la inicial. Un proyecto que “continúa” es aquel que aún se encuentra activo, observándose actividad de seguimiento incluso en el presente año, pero sin haber alcanzado aún el objetivo inicialmente pactado. Los proyectos que se consideran “abandonados” son aquellos que cuentan con más de tres planillas de seguimiento registradas, pero que no han mostrado actividad en los últimos 6 meses, y adicionalmente se verifica que los objetivos inicialmente pactados tampoco han sido alcanzados. Finalmente, un proyecto que se considera “terminado” es aquél que ha alcanzado su objetivo inicial, incluso en los casos en que una vez alcanzado dicho objetivo, el emprendedor haya abandonado el proyecto.

Puede observarse que, para ambas categorías de ingresantes, los resultados han sido diferentes (ver Gráfico 2), y su análisis se discutirá en la siguiente sección.

Emprendedores Schumpeterianos Emprendedores Kirznecianos

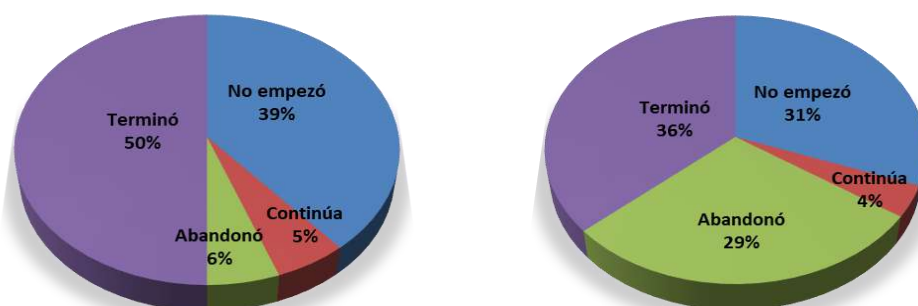


Gráfico 2: Resultados observados en participantes, según su carácter, durante el ciclo 2016. Fuente: Elaboración propia.

3.3. Análisis de entrevistas

Como se ha explicado previamente, la información disponible referida al avance de los proyectos asistidos es en algunos casos incompleta, y los objetivos del presente estudio no están orientados a mostrar los casos exitosos, sino más bien a comprender las razones y motivos que convergieron para que un ingresante haya decidido abandonar o incluso no comenzar su proyecto.

Para el estudio de dichos factores no ha resultado de utilidad el análisis documental, ya que el programa no disponía de entrevistas de salida o de sondeos al respecto.

Por tal motivo se resolvió recurrir a entrevistas telefónicas semiestructuradas, a una muestra intencional de ingresantes, para obtener información mediante fuentes primarias. La cantidad de entrevistas objetivo para cubrir la muestra surge del criterio de saturación teórica, excepto en el caso de los Schumpeterianos que aún continúan en el proceso, que fue imposible conseguir comunicación con el único sujeto posible de ser entrevistado. En el resto de los casos se cubrió el 25% de los que terminaron (que corresponde al segmento que consiguió el éxito, por tanto es el más homogéneo en sus respuestas), el 37,5% de los que abandonaron y el 30% de los que no comenzaron.

Las entrevistas se realizaron vía el Observatorio Tecnológico (OTEC), perteneciente a la Facultad de Ingeniería de la UNMDP, cuidando que los entrevistadores no fueran conocidos por los entrevistados, para evitar posibles sesgos en la interpretación de los dichos e incluso para favorecer la apertura y el juicio crítico del entrevistado.

Tabla 3: *Distribución de entrevistas telefónicas, por carácter y estado de avance, para los participantes del programa en el ciclo 2016. Fuente: Elaboración propia.*

Entrevistas	No empezó	Abandonó	Continúa	Terminó	TOTAL
Schumpeterianos	3	1	0	2	6
Kirznecianos	4	5	2	5	16
TOTAL	7	6	2	7	22

Los principales hallazgos se vuelcan como extractos de las entrevistas, y se muestran en la Tabla 4, discriminados por categoría y estado de avance logrado.

Tabla 4: *Extractos de frases destacadas durante las entrevistas telefónicas, por carácter y estado de avance, para los participantes del programa en el ciclo 2016. Fuente: Elaboración propia.*

Hallazgos	Schumpeterianos	Kirznecianos
No empezó	<i>"Bien porque les abrió las puertas a otros concursos"; "Conforme, lo que buscábamos lo conseguimos a través del apoyo"; "Le pareció que estaban muy predispuestos, pero no pudo avanzar mucho por cuestiones personales"; "Sigue en contacto, pero les aprobaron un proyecto en conjunto con la universidad"</i>	<i>"No hicimos nada, nunca concretamos ninguna actividad. Me pasaron información por correo"; "Tuvimos una serie de reuniones que no resultaron. No se llegó a coordinar la segunda reunión con el asesoramiento desde alguien de ingeniería"; "me mandaron información de lo que buscaba, pero no quisimos seguir"; "No se volvieron a contactar, y me quede esperando. Buscaba acceder al PAC emprendedor"</i>
Abandonó	<i>"Tuvo un encuentro en la facultad de ingeniería. Quería aplicar a una línea de financiamiento, pero no aplicaba"</i> <i>"Bien, no continuó porque no siguió el proyecto"</i> <i>"No le daban los costos y no podía competir con otros precios"</i>	<i>"Consulté por líneas de financiamiento, pero no aplicaba por la antigüedad"; "No conseguí lo que buscaba"; "me re gusto, satisfecho"; "por tiempo, no pude asistir a un par de reuniones y después dejé"; "fui sólo para averiguar nuevas líneas. Soy economista y no buscaba apoyo en cuanto a la gestión"; "Me preguntaron montón de cosas que no tenía ni idea, solo hago las carteras y las vendo. No tenía idea de quienes eran mis clientes ni nada"; "Me presenté con otros"; "El emprendimiento está en marcha"; "El emprendimiento sigue adelante parcialmente"; "En marcha, por mi cuenta"</i>
Continúa	--- No disponible ---	<i>"estamos produciendo hace dos años, mientras rendimos el PAC"; "estamos en contacto con un Grupo de Investigación de Ingeniería y vamos a reformular el proyecto"</i>
Terminó	<i>"muy bien, nos hizo muy bien como empresa porque nos hizo ver que era muy delicado para la visión comercial que se estaba pensando. Nos acompañaron hasta el punto de ver que no era conveniente, pero si evaluar alternativas"</i> <i>"No estaba listo el prototipo"</i> <i>"Buscábamos un asesoramiento técnico porque la parte comercial ya la teníamos encarada"</i> <i>"Nos vincularon con el INTEMA y diferentes actores que se presentarían al financiamiento. Incorporaron una emprendedora, investigadora del laboratorio de Bioingeniería"</i>	<i>"Hicieron el plan de negocios y se presentaron en la convocatoria de la incubadora"; "Se presentó al PAC desde Económicas, realizó capacitaciones desde academia Argentina Emprende"; "muy conforme con el curso"; "conforme"; "Aplicó al PAC pero no lo tomó. Cuando pueda alquilar algún lugar seguramente vuelva a solicitarlo"; "Aplicamos a financiamiento. Con un PAC emprendedor, compramos máquinas"; "Tiene máquinas, tiene un router CNC, plotter de corte. Pero no tiene un taller, no tiene un espacio físico y no tiene disponibilidad para un alquiler"; "Ya estamos en condiciones para salir al mercado"; "Incubadora ADIMRA, fue pre-seleccionado. Le dijeron si quería seguir, pero le pareció que le iba a resultar igual que la Universidad porque no te dan plata para alquilar un lugar"; "Está siendo acompañado por una incubadora en el partido de general Alvarado, en Miramar"</i>

Las frases seleccionadas representan una muestra de los comentarios recibidos, y el criterio de representatividad ha respetado la frecuencia de aparición y el contexto en el cuál se han pronunciado, pero es claro que la lista de ningún modo puede considerarse exhaustiva. Necesariamente una parte importante de la entrevista fue aprovechada por los entrevistados para comentar su proyecto y sus impresiones con otros tópicos no analizados en este trabajo, pero por tener carácter semi estructurado, se prefirió no interrumpir las alocuciones, a fin de obtener la mayor cantidad de información posible. Posteriormente las entrevistas fueron desgrabadas y analizadas en conjunto con los tutores, para comprender completamente los dichos de los entrevistados.

4. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Del análisis cuantitativo de los registros documentales que generó el Programa y de las fuentes secundarias del mismo, se ha podido establecer la primera observación de interés que se relaciona con la caracterización de los aspirantes. Se ha observado que el 25,7% presenta un perfil Schumpeteriano, orientado a resultados, con ideas de naturaleza disruptiva y con suma confianza en su potencial innovador. El 74,3% presentó un perfil Kirzneciano, orientado al proceso de aprendizaje y con confianza en su potencial innovador en tanto logre la guía adecuada.

Si se toma como criterio de éxito al cumplimiento de los objetivos inicialmente pactados, se observó que el 55% de los Schumpeterianos los ha completado o está en vías de hacerlo, frente al 40% de los Kirznecianos, que se encuentran en la misma situación. En el mismo sentido, se observa una relación inversa en la tasa de abandono, ya que el 29% de los Kirznecianos abandonó el proyecto, frente al 6% de los Schumpeterianos en la misma situación. La tasa de emprendedores que no comenzaron con la asistencia luego del contacto inicial, es similar en ambos grupos (39% en los Schumpeterianos y 31% en los Kirznecianos).

Como primera aproximación, puede notarse que los resultados globales del Programa de Acompañamiento, permiten especular que las dinámicas propuestas son más afines a las necesidades y expectativas de los emprendedores con perfil Schumpeteriano, los cuales tienen mejores tasas de éxito en el cumplimiento de los objetivos pactados, pero igualmente importante es la observación que presentan una tasa de deserción baja, por lo que, a priori se puede decir que, el programa permite la retención de los ingresantes que presentan dicho perfil.

Llegado este punto, resulta de interés intentar explicar los factores que pueden tener influencia en dichos grupos.

Del análisis de las entrevistas, resulta interesante notar que las explicaciones de los Schumpeterianos que desertaron antes de comenzar, están orientadas a la aparición de otras alternativas más tentadoras frente al Programa, en tanto que las explicaciones de los Kirznecianos están más orientadas a cuestiones relativas a su propia pasividad, como si la iniciativa debiera recaer en el programa y no en ellos mismos. Aparecen frecuentemente frases que indican vaguedad sobre las motivaciones que les llevaron a interesarse en el programa.

Con base en los dichos de los entrevistados que abandonaron el proyecto, en el caso de los Schumpeterianos aparecen razones pragmáticas relativas al proyecto, como es el caso de factibilidad técnica o replanteo del negocio. En el caso de los Kirznecianos, se evidencia un conjunto de explicaciones relacionadas con la continuidad por fuera del programa, en la misma línea de trabajo que tenían previo al ingreso, y aparecen otras explicaciones relacionadas con dificultades logísticas de asistencia a encuentros y limitaciones de tiempo. En este estadio de logro, donde el abandono podría asociarse con decepción o frustración, se han podido observar comentarios mayoritariamente positivos respecto de la satisfacción, con evidencia de pragmatismo frente a las posibilidades de logro de resultados, en el grupo Schumpeteriano y evidencias de dificultades de continuidad del proceso, en el grupo de los Kirznecianos.

Por último, es necesario comentar que, si bien el conjunto de los entrevistados que terminaron el acompañamiento y consiguieron sus objetivos, en general tiene una opinión favorable al Programa, en reiteradas ocasiones, en ambos grupos aparecen referencias a factores relativos a falta de comprensión de los alcances del acompañamiento. Aparecen recurrentemente indicaciones que permiten ver que los entrevistados no eran completamente conscientes que una parte del capital debía ser aportado por ellos, para llevar adelante el negocio.

5. CONCLUSIONES

El rol de las Universidades en la contribución al desarrollo local y particularmente el desarrollo emprendedor, requiere una evaluación permanente de su impacto para la adecuación de los programas que respondan a las necesidades de los emprendedores.

Si bien los resultados globales indicarían que el 44,4% de los emprendedores logró sus objetivos iniciales, resulta preocupante que el 32,8% ha desistido de participar en el programa luego del primer encuentro, y que el 22,8 % lo ha abandonado luego del tercer encuentro de seguimiento.

Partiendo de la hipótesis inicial, se ha podido verificar la existencia de perfiles marcados de emprendedores, que pueden identificarse por un lado con la concepción Schumpeteriana, desde el enfoque económico; y por el otro, con la visión Kirzneciana, desde el enfoque psicológico. Una vez analizados los resultados de ambos grupos, se ha podido verificar que el Programa de Acompañamiento ha sido más efectivo para el primer grupo (con una tasa de logro de objetivos del 55% y un 6% de abandono), frente al segundo grupo (con una tasa de logro del 40%, pero con una tasa de abandono del 29%).

Una vez investigados los factores relacionados con el logro de los resultados, se observa que el proceso de Programa, que en su concepción aparece orientado a las dinámicas de aprendizaje del modelo de negocio, resulta ser más efectivo para los emprendedores que tienen una visión clara del negocio, incluso en el sentido de la visión pragmática que justifica el abandono del mismo.

Particularmente en el grupo de características Kirznecianas, se han identificado factores de abandono relacionados con dificultades logísticas para dar continuidad al proceso, como si el emprendedor percibiera que son actividades obligatorias y secuenciales que debe cumplir, aunque no sea evidente ese criterio en la concepción misma del programa. Si bien no se ha podido verificar la causa, aparecen indicios que se orientan hacia una falta de homogeneidad en la capacitación de los tutores, sobre el programa.

Adicionalmente, se han detectado dos factores que pueden resultar de interés para la revisión de las dinámicas de acompañamiento: el primero de ellos es la necesidad de establecer claramente los alcances del Programa, y las responsabilidades y obligaciones de las partes, al iniciar el mismo; y el segundo factor es la necesidad de mejorar los sistemas de registro, para que sea posible realizar un seguimiento objetivo del proceso.

Llegado este punto, es necesario ensayar una respuesta para la pregunta que da origen al trabajo, y del análisis realizado resulta evidente que el público objetivo en el contexto local está compuesto por una relación 3 a 1 de Kirznecianos frente a Schumpeterianos, y sin embargo, el Programa parece mejor adaptado a cubrir las necesidades de los segundos.

6. REFERENCIAS

- [1] Herrera Guerra, Carmen Estela y Montoya Restrepo, Luz Alexandra. (2013). "El emprendedor: una aproximación a su definición y caracterización". *Punto de Vista*. Vol. IV, N° 7, págs. 7-30. Colombia.
- [2] InfoDev (2016). *Suite 01: Business Incubation Definitions and Principles*. The World Bank Group. Washington DC: infoDev.
- [3] Kantis, Hugo -coord- (2014). *¿Emprendimientos dinámicos en América del Sur? La clave es el (eco) sistema*. Red Mercosur de Investigaciones Económicas. Montevideo: CIID-IDRC.
- [4] Rebollar Ibarra, Diana y Vargas Montoya, Pilar. (2016). *Emprendimiento y entorno emprendedor*. Universidad Nacional de La Rioja. La Rioja: Servicio de Publicaciones.
- [5] Veciana Vergés, José María. (1999). "Creación de empresas como programa de investigación científica". *Revista europea de dirección y economía de la empresa*. Vol. 8, N° 3, págs. 11-36. España.
- [6] Veciana Vergés, José María. (1995). *Entrepreneurship dan a Scientific Research Programme*. (Working paper: European Doctoral Programme in Entrepreneurship and Small Business Management). UAB.
- [7] Minniti, María (2012). "El emprendimiento y el crecimiento económico de las naciones", *Economía Industrial*, n° 383, pp. 23-30
- [8] Michelacci, Claudio (2003). "Low Returns in R&D Due to the Lack of Entrepreneurial Skills". *Economic Journal, Royal Economic Society*, vol. 113(484), pages 207-225, January.
- [9] Cochran, T. C. (1960). "Cultural Factors in Economic Growth". *Journal of Economic History*, vol. 20, n° 4, pp.55-530
- [10] Casson, Mark. (1982). *The Entrepreneur. An Economic Theory*. Totowa, NJ: Barnes y Noble Books.
- [11] Baumol, William J. (1968). "Entrepreneurship in Economic Theory", *American Economic Review*, Vol. LVIII, núm. 2. (mayo).
- [12] Baumol, William J. (1993). "Formal Entrepreneurship Theory in Economics: Existence and Bounds", *Journal of Business Venturing*, vol. 8, num. 3.
- [13] Veciana Vergés, José María. (1980): "Un concepto empírico de empresario", *Revista Econòmica de Banca Catalana*, núm. 50, Barcelona.
- [14] Gartner, William B. (1988). "Who is an Entrepreneur? Is the Wrong Question", *American Journal of Small Business*, (primavera)
- [15] Schumpeter, Joseph (1950). *Capitalis, Socialism and Democracy*. Nueva York, NY: Harper & Row, Publishers.
- [16] Ocampo Flórez, Juan Guillermo. (2008). "Aproximación conceptual a la preparación de emprendimientos". *Eos*, n°2, pp. 33-35.

- [17] Valdaliso, Jesús M. y López, Santiago M. (2000). *Historia Económica de la Empresa*. Barcelona: Crítica.
- [18] McCaffrey, M. (2009). "Entrepreneurship, economic evolution, and the end of capitalism: reconsidering schumpeter's thesis". *The quarterly of Austrian economics*, Vol. 12, nº4, pp.3-21.
- [19] Kirzner, Israel. (1973). *Competition and Entrepreneurship*. Londres, UK: The University of Chicago Press.
- [20] Kirzner, Israel. (1997). "Entrepreneurial Discovery and the Competitive Market Process: An Austrian Approach". *Journal of Economic Literature*, vol. 35, nº 1, pp. 60-85.
- [21] Kirzner, Israel. (1999). "Creativity and/or Alertness: A Reconsideration of the Schumpeterian Entrepreneur". *Review of Austrian Economics*, vol. 11, pp. 5-17.
- [22] Stevenson, H.H. y Jarillo, J.C. (1990). "A Paradigm of Entrepreneurship: Entrepreneurial Management". *Strategic Management Journal*, vol. 11, pp. 17-27.
- [23] Rodríguez Romero, Carlos Alberto y Jiménez, M.F. (2005). "Emprenderismo, acción gubernamental y academia. Revisión de Literatura". *Innovar*, vol. 15, nº 26, pp. 73-89.
- [24] Mena, María Belén; Cabut, Mercedes; Belmonte, Juan Carlos y Amato, Luis (2017). *Trabajo con emprendedores en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata*. Mar del Plata: Facultad de Ingeniería.
- [25] Vasilachis de Gialdino, Inés (2006). *La investigación cualitativa*. En Vasilachis de Gialdino, I. (Coord.) *Estrategias de la Investigación Cualitativa*. Barcelona: Gedisa.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Programa de Innovación y Desarrollo Emprendedor "Acompañando Emprendedores" y a su Directora Mg. Lic. María Eugenia Libera, por su inestimable colaboración.

Dinámica de equipos de trabajo interdisciplinarios en contexto real: el caso de la cátedra de Formación de Emprendedores

ANZOISE, Esteban¹, SCARAFFIA, Cristina

¹*Instituto de Gestión Universitaria – Grupo IEMI*
Facultad Regional Mendoza, UTN
Rodríguez 273, Ciudad (5500) Mendoza.
esteban.anzoise@frm.utn.edu.ar

RESUMEN.

Desde la asignatura electiva Formación de Emprendedores de la UTN Facultad Regional Mendoza se espera determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa en el desarrollo de competencias para actuar con espíritu emprendedor a partir de un cambio en el desarrollo de trabajo en equipos interdisciplinarios en el marco de un proceso basado en la resolución de problemas en contextos reales. Esta investigación responde a un paradigma cuantitativo, con un diseño descriptivo, longitudinal y cuasi-experimental. El análisis se realizó desde la perspectiva de equipos de alto rendimiento propuestos por Katzenbach & Smith. Se postularon dos modelos cuyas variables independientes son el Grado de Avance del Proyecto; Nivel de Desafío del Proyecto y el Índice de Actitud Grupal. Como variable dependiente el Modelo I propone el Resultado Percibido del Proyecto y el Modelo II propone la Nota Final de Semestre. El Modelo I muestra que existe una correlación positiva entre el Resultado Percibido del Proyecto y el Índice de Actitud Grupal ($r= 0,321$; $p=.004 < .05$ (un lado)). También existe una correlación positiva entre el Resultado Percibido del Proyecto y el Índice de Nivel de Desafío del Proyecto ($r= 0,232$; $p=.028 < .05$ (un lado)). EL análisis del Modelo II no muestra correlación alguna entre las variables. Como principales conclusiones, el Resultado Percibido del Proyecto no sigue las variaciones de equipos de alto rendimiento propuestos por Katzenbach & Smith y por Edison. Esto muestra la necesidad de incrementar el desarrollo de las capacidades asociadas con el Desempeño de Manera Efectiva en Equipos de Trabajo a lo largo del trayecto curricular de ingeniería. La ausencia de correlación entre la Nota Final Obtenida y las variables independientes Nivel de Desafío del Proyecto e Índice de Actitud Grupal muestra que el desarrollo de competencias debe medirse en forma longitudinal utilizando encuestas estandarizadas.

Palabras Claves: emprendedorismo; trabajo en equipo; competencias; ingeniería

ABSTRACT

The aim of this article is to present the positive impact of multidisciplinary teamwork real case situations on developing entrepreneur's way of life. Katzenbach & Smith's and Edison's views provide a high performance teamwork's framework for analysis. Quasi - experimental Models I & II have Advance Project Level; Challenge & Group Attitude Index as independent variables. As independent variable, Model I proposes Perceived Result and Model II proposes End-of-Term Grading. Model I shows a positive correlation between Perceived Result and Group Attitude Index ($r= 0,321$; $p=.004 < .05$ (one side)). Also, it shows a positive correlation between Perceived Result & Challenge ($r= 0,232$; $p=.028 < .05$ (one side)). Model II shows no correlation at all. The main finding of this proposal is Perceived Result not follows Katzenbach & Smith's and Edison's views. Therefore, it is necessary to develop teamwork skills along the engineering's curricular design

Keywords: Entrepreneurship, engineering, teamwork, skills

1 INTRODUCCIÓN

El ingreso al siglo XXI todavía se caracteriza por la ausencia de consenso a nivel global y a nivel latinoamericano sobre la forma de preparar a los ciudadanos para enfrentar una actividad emprendedora así como si debe enseñarse como una especialización en una maestría de negocios o ser parte del diseño curricular de las carreras de grado [1-6].

Diversos estudios longitudinales muestran cambios positivos en la definición del perfil de los emprendedores en el contexto de América Latina todavía centrados en la eficiencia y la necesidad de focalizarse en la innovación como impulsor del cambio [7-10]. La mayoría de los emprendimientos son creados por equipos de emprendedores (89% en Argentina) donde el emprendedor típico se halla en el rango etario de 25 a 44 años. Sorprendentemente África y Latinoamérica presentan la tasa más elevada de actividad emprendedora juvenil (16%) en el sector etario de 18 a 24 años. Como resultado un quinto de la población en el rango de 18 a 64 años forma parte de una actividad emprendedora temprana. En términos de género, Latinoamérica presenta la mejor paridad con ocho mujeres involucradas en el arranque de emprendimientos por cada diez hombres en la misma etapa (Female/Male TEA Ratio = 0,82) siendo el principal impulsor la necesidad económica. En dichos equipos emprendedores se halla que siete de cada diez son graduados universitarios donde ingeniería y ciencias económicas son las disciplinas en la que con mayor frecuencia se formaron. De igual forma se halla que dos de cada tres emprendedores fundaron su primera empresa entre los 20 y 35 años, y alrededor de la mitad crearon más de una a lo largo de su vida. Aproximadamente el 58% de los emprendedores en Latinoamérica inician un emprendimiento en el sector de comercio minorista en contraste con el 46% de los emprendedores de Asia, Europa y USA donde lo inician en sectores como información y comunicaciones, financiero, y actividad profesional. Entre los principales aspectos societarios identificados en relación con emprendedorismo se destaca en Argentina la percepción de alto estatus por ser emprendedor (50,4%) y ser considerado como una buena elección de forma de vida (61,7%) [8, 10].

Diversos estudios se han realizado para mejorar el impacto de las instituciones de educación superior en el perfil emprendedor de Argentina tales como programas en facultades de ingeniería a nivel Mercosur, la implementación de cátedras específicas, proyectos de cátedras y rediseño curricular [11]. Al considerar en Argentina los emprendimientos que se destacan luego del sexto año de vida por el número de empleos generados, se halla que la contribución del sistema universitario al desarrollo de habilidades y conocimiento requeridos para convertirse en emprendedor se limita primariamente a la adquisición de conocimiento técnico (73%) y la capacidad para solucionar problemas (63%). Las restantes habilidades demandadas como trabajo en equipo, tolerancia al riesgo, comunicación, negociación, creatividad y trabajo duro son adquiridas a través de la experiencia emprendedora [6, 7] y el fracaso como punto de aprendizaje para alcanzar el éxito [12]. Este análisis muestra que “indudablemente existe un amplio campo para avanzar en la promoción de la empresarialidad desde los distintos niveles del sistema educativo, incorporando cambios en los programas de estudios, en las metodologías de enseñanza y en la formación de los docentes” [7, p. 46].

2 EL CASO DEL EMPRENDEDOR TECNOLÓGICO

Las Empresas de Base Tecnológica se pueden definir como "una organización productora de bienes y servicios, comprometida con el diseño, desarrollo y producción de nuevos productos y/o procesos de fabricación innovadores, a través de la aplicación sistemática de conocimientos técnicos y científicos" [13, p. 79]. Por su naturaleza, “es una fuente potencial de generación de riqueza, el desarrollo económico y la creación de empleos altamente cualificados y potencialmente puede ayudar a equilibrar la balanza comercial mediante el aumento de la capacidad de exportación” [14, p. 7]

Los rasgos principales que caracterizan al emprendimiento de base tecnológica son la alta inversión en capacitación, investigación y desarrollo, el tipo de personal requerido, el proceso de definición del valor a proveer en el producto o servicio a brindar, y la alta relación entre el valor del producto final y el valor de la materia prima [13, 15]. Respecto de este último punto, se requiere una alta sensibilidad hacia los problemas nuevos, un pensamiento flexible, alta inclinación a la innovación, perseverancia y dedicación [15, 16] generando una actividad económica altamente profesionalizada, de conocimiento intensiva [17], con una alta tasa de reinversión en el área de desarrollo y propensión para convivir con el cambio [13, 15, 16].

Si bien el talento y el temperamento no se pueden enseñar [18, 19] es posible educar a los estudiantes de ingeniería en el arte de emprender de modo que con el conocimiento adquirido puedan “manejar mejor el proceso de emprender y superar las dificultades durante la etapa de arranque del emprendimiento” [20-25]. Diversos estudios soportan esta posición desde distintos enfoques tales como la forma de enfrentar el riesgo asociado [26, 27]; el trabajo en equipo [28, 29]; la innovación no solo en el producto o servicio sino a nivel organizacional [30, 31]; y la orientación al logro [32, 33]. En particular, este trabajo se focaliza en el desarrollo de la

competencia para trabajar en equipos interdisciplinarios en estudiantes de ingeniería y su impacto en el desarrollo de competencias para actuar con espíritu emprendedor [34].

El desarrollo de competencias para el trabajo en equipo en un contexto organizacional ha sido identificado en forma exhaustiva por diferentes autores [35-38]. En particular, el desarrollo de competencias para el trabajo en equipos interdisciplinarios en contexto real de estudiantes de ingeniería [39] ha sido encarado por distintas universidades nacionales y extranjeras [23, 24, 40, 41] a través del desarrollo de diversas experiencias educativas. De igual forma, la “Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo” es una de las competencias esperadas de egreso identificadas por CONFEDI [42-44] que incluye tres capacidades:

- ✓ Capacidad para identificar las metas y responsabilidades individuales y colectivas y actuar de acuerdo a ellas.
- ✓ Capacidad para reconocer y respetar los puntos de vista y opiniones de otros miembros del equipo y llegar a acuerdos.
- ✓ Capacidad para asumir responsabilidades y roles dentro del equipo de trabajo.

La mayoría de la investigación relacionada con el desarrollo de competencias en el área de ingeniería en instituciones universitarias latinoamericanas, y en el caso particular de instituciones universitarias argentinas, se focaliza en un amplio espectro de propuestas tales como el dictado de Materias Básicas y el Ciclo Común de ingeniería [45]; la articulación con el nivel medio [46], el dictado del ciclo superior de Ingeniería Química [47], el diseño curricular [48] y la adquisición de competencias comunicacionales en español y en un segundo idioma. En consecuencia, hay una ausencia particular de investigación sobre la medición efectiva del trabajo en equipo y su correlación con la integración de conocimientos interdisciplinarios en un contexto de ingeniería en la FRM UTN. En particular, no se han realizado estudios de tipo experimental descriptivo a nivel interdepartamental e interinstitucional en la FRM UTN que permitan la medición efectiva del trabajo en equipo.

3 ELIGIENDO ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA

No existe un total acuerdo sobre la “lista de comportamientos observados propios del emprendedor, los atributos que están sujetos a la influencia del ambiente y que definen su personalidad y las habilidades personales y profesionales que se puedan desarrollar” [2, p. 254]. Dadas las características distintivas de la naturaleza emprendedora como iniciativa, aprendizaje mutuo y realización en un ambiente flexible y bajo presión [8, 49]; el proceso de desarrollo de competencias emprendedoras se debe apartar del proceso centrado en el instructor. La formación de emprendedores se debe enfocar desde el punto de vista de educar entendido como estimular el desarrollo mental y el crecimiento actitudinal antes que un proceso de enseñanza entendido como impartir conocimiento o habilidades [1, 50]. Esto implica “el desarrollo de procesos basados en el saber hacer, la solución de problemas, el aprovechamiento de oportunidades, la imitación de otros comportamientos, el cometer errores y la realización de procesos de experimentación donde el conocimiento teórico y el cómo hacer requeridos se imparten a medida que son necesarios” [51, p. 5]. Desde el punto de vista de la Teoría del Comportamiento Planeado [52] el desarrollo de dichos comportamientos basados en los valores y actitudes emprendedoras identificados promovería el desarrollo de la intención de convertirse en emprendedor [1, 8].

Desde el punto de vista de la Instrucción Centrada en el Estudiante, el diseño de cada actividad se realizó con el objeto de crear oportunidades para integrar nuevos aprendizajes con conocimientos existentes en forma activa y colaborativa y animar a generar mejores preguntas y aprender de los errores [53]. Se promovió la formación de grupos de trabajo con integrantes de diferentes terminalidades de ingeniería de modo de desarrollar el aprendizaje colaborativo interdisciplinario y la interdependencia al ser la evaluación grupal [25, 54, 55].

4 MODELOS DEL PROCESO DEL TRABAJO EN EQUIPO

Para esta experiencia se consideran los modelos propuestos por McGourty & De Meuse; y el propuesto por Katzenbach & Smith (1993) con la extensión desarrollada por Edison. El modelo propuesto por McGourty & De Meuse considera la evolución de un equipo como un proceso lineal. Identifica en este proceso cinco etapas: Formación [Forming] donde el individuo trata de definir su rol en el grupo; Conflicto [Challenging] al tratar de definir su relación con los restantes integrantes y el líder establecido; Aceptación [Accepting] de ser parte de un equipo y de la necesidad de armonía entre los integrantes; Colaboración [Collaborating] en la resolución de problemas en forma colectiva y compartir la responsabilidad por ello; y Auto – manejo [Self-Managing] caracterizada por la búsqueda de altos estándares y un proceso de mejora continua [56, 57].

El modelo propuesto por Jon Katzenbach y Douglas Smith (1993) define un equipo como: “un grupo pequeño de gente con habilidades complementarias quienes están comprometidos a un propósito común, metas de rendimiento y enfoque por lo cual ellos son mutuamente responsables de rendir cuentas” [58]. Katzenbach & Smith consideran los modelos de roles basados en perfiles

de personalidad anteriormente propuestos por R. Meredith Belbin; Charles Margerison y Dick McCann; y los modelos de liderazgo propuestos por Paul Hersey y Ken Blanchard y por Douglas McGregor [59]. Como resultante, consideran que el proceso de formar un equipo de trabajo es similar a un proceso de cambio que un grupo de personas con diferentes necesidades, experiencia y conocimiento experimentan con el fin de pasar de individuos aislados a una fuerza de trabajo efectiva e interrelacionada [35]. Katzenbach y Smith (1993) postulan el Modelo de Alto Rendimiento de Equipos de Trabajo como un proceso evolutivo de cinco etapas: grupo de trabajo, pseudo equipo, equipo potencial, equipo real y equipo de alto desempeño como se muestra en la figura 1 [36].

La primera etapa es el "grupo de trabajo" o "etapa de formación". Esta etapa consiste en el cambio de individuo a miembro del equipo. Los miembros del equipo tienen que responder a varias preguntas que definen su rol en el mismo: a) qué tipo de tarea se deberá completar; b) cuáles son las motivaciones, estilos de trabajo y liderazgo, etc. de cada integrante; c) lo que es un comportamiento aceptable, d) cuáles son los recursos para lograr los objetivos planteados, y e) cuáles son los pasos para llegar a las metas propuestas. En esta etapa, los miembros del equipo tienden a depender de un líder y tienen una actitud bastante pasiva respecto del desempeño del equipo.

La segunda etapa es la de "pseudo equipo" o "etapa de conflicto" debido a que los miembros del equipo cuestionan la naturaleza del grupo. Ellos sienten que un proceso de transformación está empezando y que necesitan aceptar el cambio que se está produciendo. Como un ejemplo de la situación esperada se puede encontrar que sus expectativas están más allá de la realidad, discusiones de manera abierta y/o que sienten que un pequeño éxito es uno grande. En esta etapa, los integrantes pueden pasar ya sea por una etapa emocional plena de energía, optimismo y entusiasmo o una actitud de rechazo ya que no pueden aceptar el cambio o creen que este no es el lugar o las personas o el tiempo para cambiar y en consecuencia dejan el grupo.

El siguiente nivel es el de "equipo potencial" o "normalizar". En este momento las personas se sienten como miembros del equipo y deciden aceptarse mutuamente para superar sus diferencias y trabajar juntos. No solo se percibe simpatía, cooperación y el respeto sino que surgen indicadores efectivos de este paso como la forma en que los miembros del equipo están dispuestos a compartir información, establecer una comunicación abierta y resolver problemas de manera eficaz. Los miembros a menudo socializan en diferentes formas, tales como reuniones sociales o familiares y actividades deportivas. Finalmente, Katzenbach y Smith (1993) identifican las dos últimas etapas como el "verdadero equipo" y el "equipo de alto rendimiento" para poder distinguir la diferencia de rendimiento entre los grupos de trabajo consolidados. A medida que aumenta el rendimiento del equipo, los miembros sienten una gran satisfacción en el trabajo conjunto, tienen una aceptación mutua de sus roles y una percepción rápida de la situación. La estructura cambia rápidamente de acuerdo a la situación o las nuevas metas. La principal diferencia entre el "verdadero equipo" y el "equipo de alto rendimiento" es el nivel de rendimiento que alcanzan. En esta última etapa, los nuevos objetivos son definidos por el equipo debido a que los miembros se convierten en personas autónomas y sinérgicas [36]. Diversos estudios coinciden en modelar el proceso de formación de equipos desde una perspectiva biológica [60] como una situación de cambio a nivel de individuo y restan soporte a una evolución lineal [36, 41, 61, 62].

Edison extiende el Modelo de Alto Rendimiento de Equipos de Trabajo para incluir la situación donde el equipo no funciona y las etapas posteriores de alcanzar el nivel de alto rendimiento [63]. Cuando el equipo se vuelve disfuncional, puede pasar del estado donde se halle al estado de "no diferenciación" [*conforming*] donde los integrantes manifiestan falta de originalidad, creatividad y/o ideas innovativas. Sigue el estado de "dejar de ser" [*deforming*], caracterizado por la creciente falta de participación de los integrantes, y finalmente el estado de "suspender" [*adjourning*] como una etapa final en la que todos los integrantes regresan a su asignación de trabajo original. En el otro extremo, cuando el equipo alcanza un alto desempeño, suceden las etapas de "comunicar" [*informing*] al resto de la organización no solo el logro alcanzado sino el cómo. Luego surge la etapa de "transformación" [*transforming*] donde supera el contexto de conformidad por haber alcanzado un determinado rendimiento y se prepara para superarlo y/o iniciar un nuevo ciclo de desarrollo como se muestra en la figura 2. En consecuencia, el cambio desde un trabajo individual a un trabajo en equipo implica un viaje emocional y un proceso continuo que requiere un liderazgo efectivo y un profundo conocimiento de los factores de motivación, la autoridad, el balance de poder y la estructura de la comunicación en la organización. Para ello, el líder del equipo eficaz debe conocer la interacción entre los diferentes niveles de la organización y el comportamiento humano para poder alimentar un ambiente de participación activa y mínima disfuncionalidad [35, 64].

5 MODELOS DE EQUIPOS DE TRABAJO DE ALTO RENDIMIENTO

Los modelos considerados, principalmente el de Katzenbach y Smith (1993), coinciden en identificar que existe una relación directa entre las características de los integrantes del equipo de trabajo (Variable Independiente) y el rendimiento alcanzado por el mismo (Variable Dependiente)

[35, 64-67]. Las características de los integrantes del equipo de trabajo definen el Grado de Madurez del mismo alcanzado al terminar de ejecutar el proyecto. Katzenbach y Smith (1993) identifican tres componentes del grado de madurez del equipo: Habilidades Requeridas (incluye la capacidad para resolver problemas, competencias técnicas específicas y competencias interpersonales); Compromiso Alcanzado (dado por la existencia de objetivos específicos comunes, enfoque compartido del proyecto y el propósito significativo que el proyecto brinda a los integrantes del equipo); y Responder por los Resultados (como reflejo de la responsabilidad individual de cada integrante, la responsabilidad mutua demostrada y el número reducido de integrantes). Para este proyecto las Habilidades Requeridas son medidas por el Índice de Grado de Avance del Proyecto; el Compromiso Alcanzado es medido por el Índice de Nivel de Desafío y Responder por los Resultados es medido por el Índice de Actitud Grupal. Dicho índices se promedian para construir la Escala de Madurez propuesta por Katzenbach y Smith (1993) en un rango de 1 a 5 donde 1,50 a 2,50 definen el nivel de Pseudo Equipo; 3,00 define el nivel de Equipo Potencial; 3,50 a 4,00 define al Equipo Real y 4,50 a 5,00 define al Equipo de Alto Rendimiento. La Variable Dependiente definida como Rendimiento Alcanzado por el mismo se mide como Rendimiento Percibido del Equipo a través de una valoración de una escala Likert de 1 a 5 que cada integrante del equipo realiza de como el trabajar en equipo impacta en la calidad del trabajo presentado como se muestra en la figura 4.

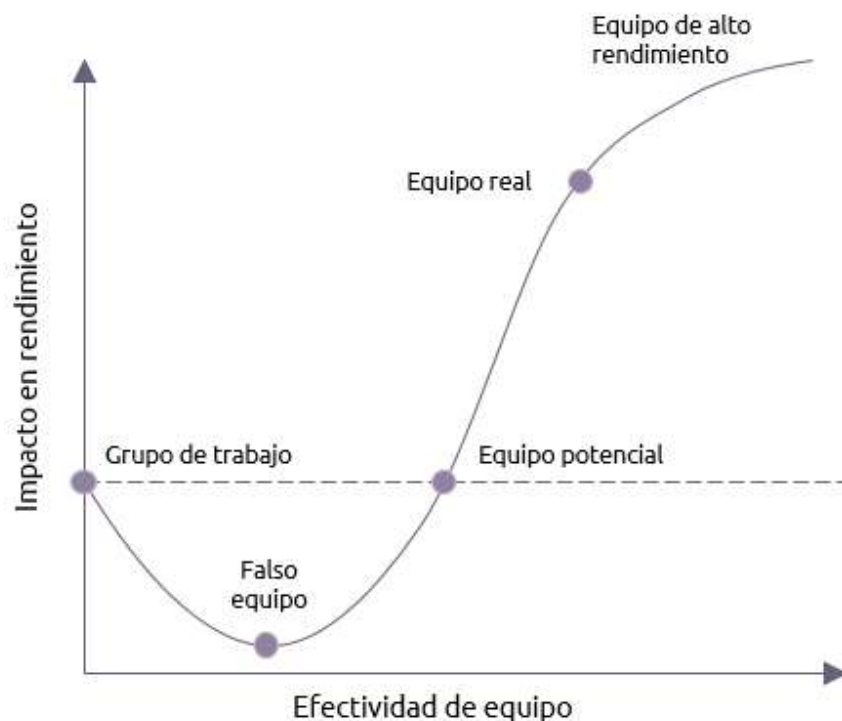


Figura 1: Rendimiento efectivo y madurez del equipo de alto rendimiento

Fuente: Reproducido de Praxis Framework.(2015, 2017, Last Update). Katzenbach y Smith. Available from: <https://www.praxisframework.org/library-espanol/katzenbach-and-smith-esp>. (licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License)

Adaptado de Katzenbach, J. R., & Smith, D. K. (1993). The Wisdom of Teams: Creating the High Performance Organization. Boston, Massachusett: Harvard Business School Press.

6 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DE ESTA INVESTIGACIÓN

Este estudio se realizó como actividad complementaria del proyecto de investigación **UTN3683 - Impacto del trabajo en equipo en el desarrollo de competencias ingenieriles de trabajo interdisciplinario** desarrollado en la UTN Facultad Regional Mendoza. El marco metodológico elegido para esta investigación preliminar corresponde a un paradigma cuantitativo, con un diseño de investigación descriptivo, longitudinal y cuasi-experimental sin grupo de control. Para ello se analizó el desarrollo del trabajo en equipo de los alumnos participantes desde la perspectiva de equipos de alto rendimiento propuestos por Katzenbach & Smith (1993). Se postularon dos alternativas de análisis cuyas variables independientes son el Grado de Avance del Proyecto; Nivel de Desafío del Proyecto y el Índice de Actitud Grupal. Como variable dependiente la Alternativa I propone el Resultado Percibido del Proyecto y la Alternativa II propone la Nota Final

de Semestre. Durante las 16 semanas asignadas al desarrollo de la asignatura se realizaron mediciones para determinar la relación entre las variable de ambos modelos. La población bajo estudio estuvo compuesta por veintiseis alumnos, que cursaron en el ciclo lectivo 2016, de las carreras de: ingeniería civil (3); electromecánica (4); electrónica (1); química (9) y sistemas de información (9). En el marco del dictado de la asignatura electiva Formación de Emprendedores en la UTN Facultad Regional Mendoza se espera determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa en el desarrollo de competencias para actuar con espíritu emprendedor a partir de un cambio en el desarrollo de trabajo en equipos interdisciplinarios en el marco de un proceso basado en la resolución de problemas en contextos reales.

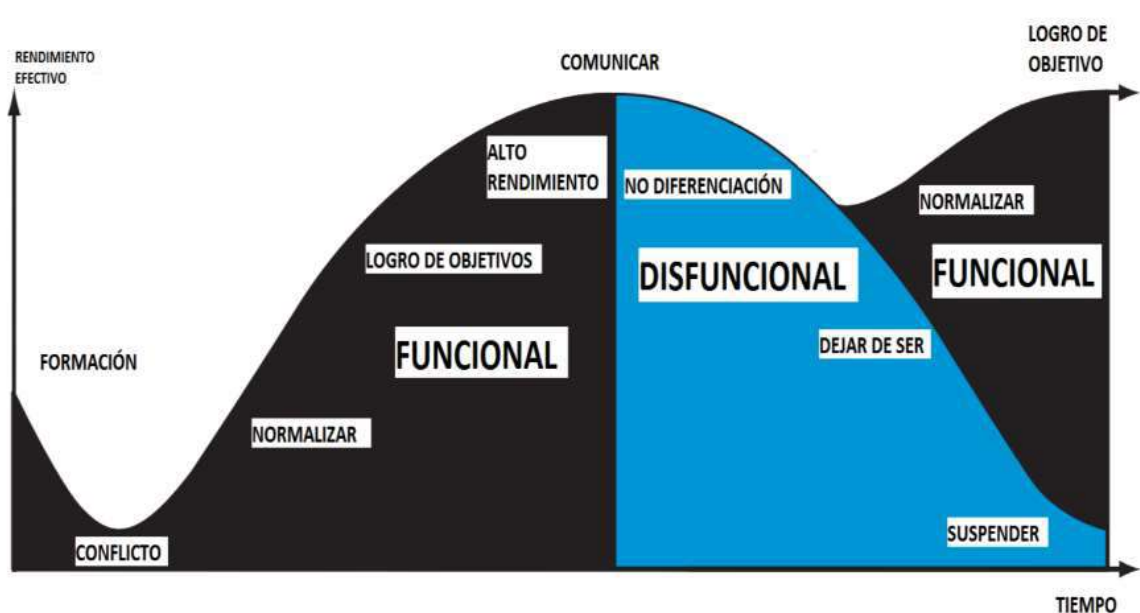


Figura 2: Ciclo de vida del desarrollo de equipos de alto rendimiento

Fuente: Adaptado de Edison, T. (2008, May-June 2008). The Team Development Life Cycle. A New Look [TEAM DYNAMICS]. *Defense AT&L*, 4. Retrieved from http://www.dau.mil/pubscats/pubscats/atl/2008_05_06/edis_mj08.pdf.

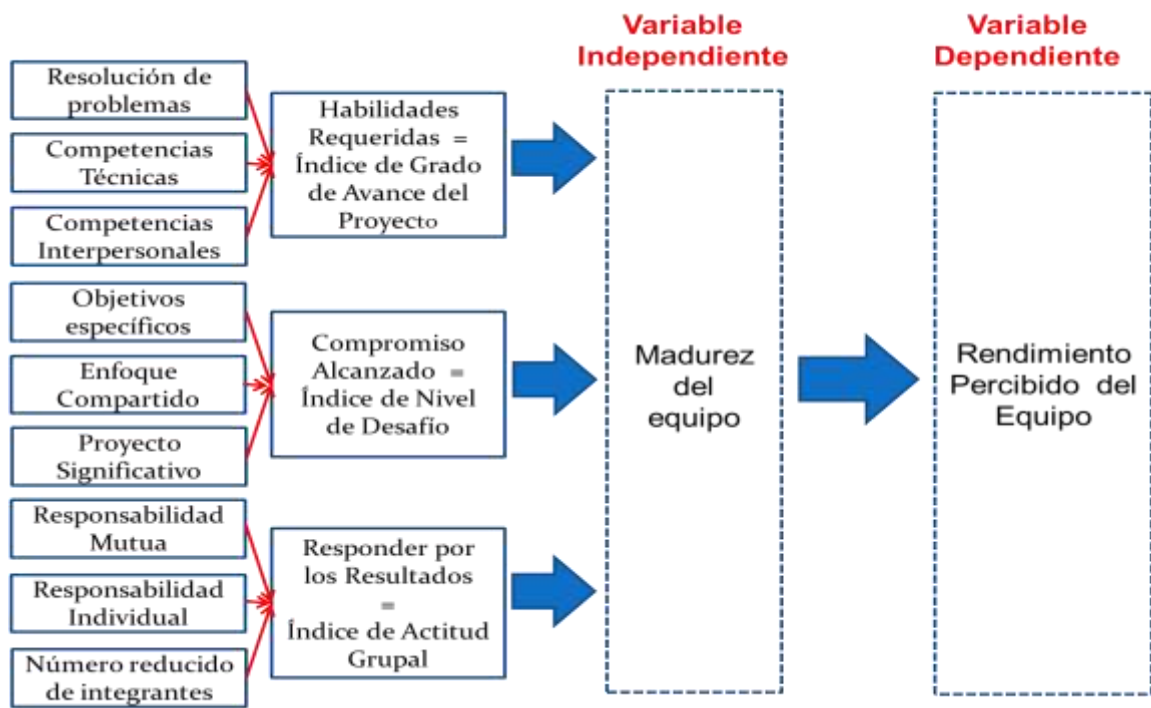


Figura 3: Modelo de desarrollo de equipos de alto rendimiento

Fuente: Adaptado del Modelo de Alto Rendimiento de Equipos de Trabajo postulado por Katzenbach, Jon R. ;Smith & Douglas K. (1993). *The Wisdom of Teams: Creating the High Performance Organization*. Harvard Business School Press. Boston, Massachusetts.

4. Si usted considera su rendimiento académico en asignaturas anteriores, por favor evalúe en qué medida el realizar las actividades en equipo impacta en la calidad de los trabajos prácticos presentados							
60% menos de lo que yo hubiera logrado	30% menos de lo que yo hubiera logrado	10% menos de lo que yo hubiera logrado	Alcanzamos lo mismo que yo hubiera logrado	Superó en 10% lo que yo hubiera logrado de hacerlo por mi cuenta	Superó en 30% lo que yo hubiera logrado de hacerlo por mi cuenta	Superó en 60% lo que yo hubiera logrado de hacerlo por mi cuenta	Superó en 100% lo que yo hubiera logrado de hacerlo por mi cuenta
1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00

Figura 4: Valoración de Rendimiento Percibido del Equipo

7 RESULTADOS PRELIMINARES

El análisis muestra que para la Alternativa I existe una correlación positiva entre el Rendimiento Percibido del Equipo y el Índice de Actitud Grupal ($p=.004 < .05$ (un lado)). También se halla que existe una correlación positiva entre el Resultado Percibido del Proyecto y el Índice de Nivel de Desafío del Proyecto ($p=.028 < .05$ (un lado)). El Índice de Grado de Avance del Proyecto no impacta en el Resultado Percibido del Proyecto (Tabla 1).

Tabla 1: Matriz de correlaciones en Alternativa I

		Índice de Actitud Grupal	Índice de Nivel de Desafío del Proyecto	Índice de Grado de Avance del Proyecto	Rendimiento Percibido del Equipo
Índice de Actitud Grupal	Pearson Correlation	1	,195	-,112	,321(**)
	Sig. (1-tailed)		,054	,179	,004
Índice de Nivel de Desafío del Proyecto	Pearson Correlation	,195	1	-,243(*)	,232(*)
	Sig. (1-tailed)	,054		,022	,028
Índice de Grado de Avance del Proyecto	Pearson Correlation	-,112	-,243(*)	1	,004
	Sig. (1-tailed)	,179	,022		,486
Rendimiento Percibido del Equipo	Pearson Correlation	,321(**)	,232(*)	,004	1
	Sig. (1-tailed)	,004	,028	,486	

** Correlation is significant at the 0.01 level (1-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (1-tailed).

a Listwise N=69

En relación con la Alternativa II, se halla que no existe correlación entre la Nota Final Obtenida y las variables independientes Índice de Nivel de Desafío del Proyecto, Índice de Grado de Avance del Proyecto e Índice de Actitud Grupal (Tabla 2).

Tabla 2: Matriz de correlaciones en Alternativa II

		Índice de Actitud Grupal	Índice de Nivel de Desafío del Proyecto	Índice de Grado de Avance del Proyecto	Nota Final Adecuada
Índice de Actitud Grupal	Pearson Correlation	1	,195	-,112	,063
	Sig. (1-tailed)		,054	,179	,305
Índice de Nivel de Desafío del Proyecto	Pearson Correlation	,195	1	-,243(*)	-,117
	Sig. (1-tailed)	,054		,022	,168
Índice de Grado de Avance del Proyecto	Pearson Correlation	-,112	-,243(*)	1	-,051
	Sig. (1-tailed)	,179	,022		,340
Nota Final Adecuada	Pearson Correlation	,063	-,117	-,051	1
	Sig. (1-tailed)	,305	,168	,340	

* Correlation is significant at the 0.05 level (1-tailed).

a Listwise N=69

El análisis estadístico muestra que no existe correlación entre Grupo de Trabajo al cual pertenece cada alumno, el Grado de Avance del proyecto o el Género de los alumnos con el Rendimiento Percibido del Equipo alcanzado. El análisis descriptivo del Rendimiento Percibido del Equipo muestra que existe un desplazamiento a valores crecientes a través de los diferentes niveles de avance del proyecto como se muestra en la figura 5. El análisis estadístico inferencial asociativo muestra que existe una correlación positiva entre el nivel de Madurez del Equipo al alcanzar el 100% de ejecución del proyecto y el Rendimiento Percibido en el mismo punto de avance, $r(24) = .470$, $p = .010 \leq .01$. Esto significa que en los estudiantes a medida que se incrementa la madurez del equipo se incrementa el Rendimiento Percibido.

Se realizó un análisis estadístico inferencial diferencial para poder determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre el Nivel de Madurez alcanzado por los integrantes cuando el proyecto tiene un avance del 30% y cuando alcanzó el 100% de avance. El resultado de correr un t -test de muestras correlacionadas o apareadas indica que el Nivel de Madurez alcanzado por los integrantes cuando el proyecto tiene un avance del 100% es en promedio significativamente mayor 30% que el Nivel de Madurez alcanzado al 100% de avance, $t(23) = -4.80$, $p = .000$, $d = .98$ (Tabla 3). La diferencia es grande o mayor que la típica utilizando los criterios de Cohen (1988) [68].

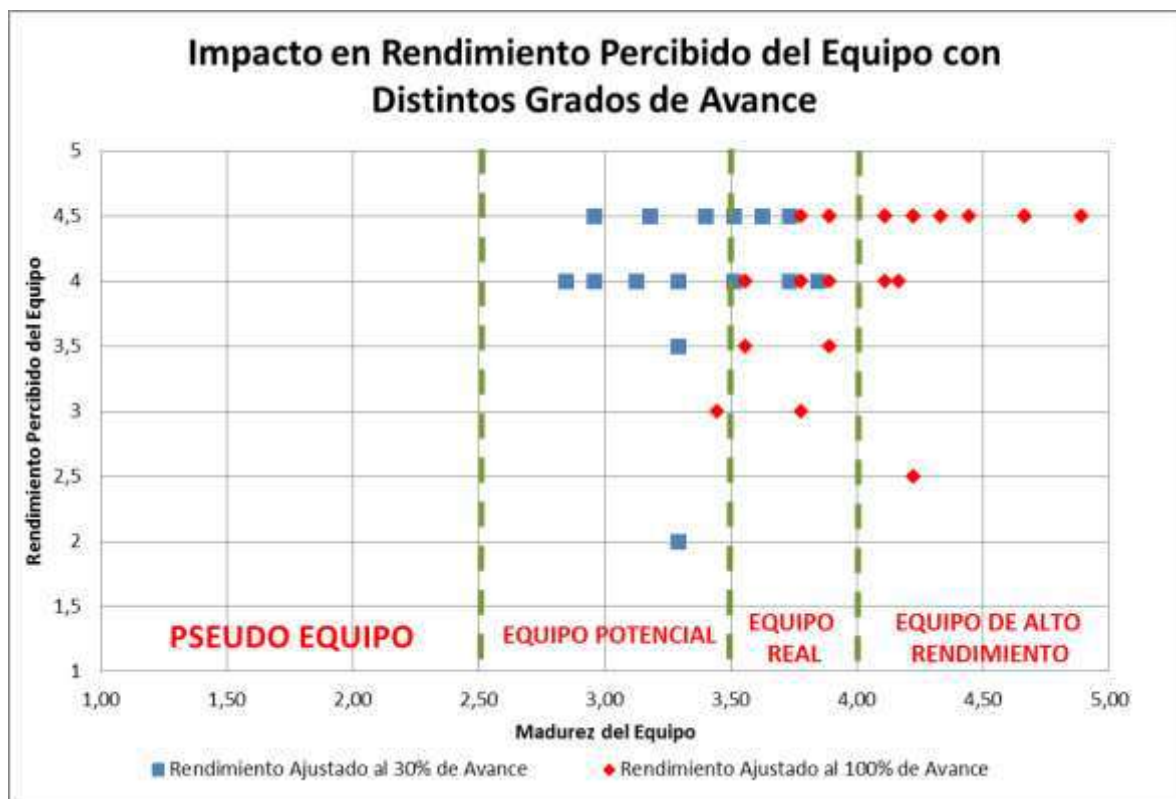


Figura 5: Dinámica del Rendimiento Percibido del Equipo con niveles de avance del proyecto al 30% y 100%

Tabla 3: Resultados t -test apareado en Nivel de Madurez del Equipo

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Madurez del Equipo - 30% de Avance - Madurez del Equipo - 100% de Avance	-,92583	,94420	,19273	-1,32454	-,52713	-4,804	23	,000

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA FUTUROS ESTUDIOS.

Como primera conclusión se halla que el Rendimiento Percibido del Proyecto crece a medida que avanza el proyecto. Dicha diferencia es estadísticamente significativa lo que indica que los

estudiantes perciben la diferencia entre el resultado que podrían alcanzar trabajando en forma individual y el obtenido trabajando en equipos interdisciplinarios en un contexto real.

Como segunda conclusión se observa que el Rendimiento Percibido del Proyecto en relación con el Nivel de Madurez de los equipos se aparta del modelo de equipos de alto rendimiento propuestos por Katzenbach & Smith y por Edison. Esto muestra la necesidad de incrementar el desarrollo de las capacidades asociadas con el Desempeño de Manera Efectiva en Equipos de Trabajo a lo largo del trayecto curricular de ingeniería para poder lograr un mejor desempeño al integrar nuevos equipos de trabajo.

Como tercera conclusión se observa que la ausencia de correlación entre la Nota Final Obtenida y las variables independientes Nivel de Desafío del Proyecto e Índice de Actitud Grupal muestra que el desarrollo de competencias de trabajo en equipo es independiente de la calificación final por lo que debe medirse en forma longitudinal utilizando encuestas estandarizadas.

Este proyecto preliminar permite realizar una medición del desarrollo de la "Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo". Esta es una de las competencias esperadas de egreso identificadas por CONFEDI que incluye tres capacidades las cuales han sido evaluadas en forma disimil (Tabla 4). Como recomendación para futuros estudios se sugiere mejorar el instrumento de medición diseñado utilizando cuestionarios on-line para medir en forma longitudinal el desarrollo de dichas capacidades.

Tabla 4: Avances en el desarrollo de competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo

CAPACIDADES \ NIVEL DE EVALUACIÓN		NO EVALUADO	EVALUADO EN REGULAR MEDIDA	TOTALMENTE EVALUADO
Capacidad para identificar las metas y responsabilidades individuales y colectivas y actuar de acuerdo a ellas.	Ser capaz de asumir como propios los objetivos del grupo y actuar para alcanzarlos.			✓
	Ser capaz de proponer y/o desarrollar metodologías de trabajo acordes a los objetivos a alcanzar.			✓
	Ser capaz de respetar los compromisos (tareas y plazos) contraídos con el grupo y mantener la confidencialidad.			✓
Capacidad para reconocer y respetar los puntos de vista y opiniones de otros miembros del equipo y llegar a acuerdos.		✓		
Capacidad para asumir responsabilidades y roles dentro del equipo de trabajo.			✓	

9 REFERENCIAS.

- [1] Fayolle, Alain ;Gailly, Benoit. (2008). "From craft to science: Teaching models and learning processes in entrepreneurship education". *Journal of European Industrial Training*. 32, 7: p. 569 - 593.
- [2] Gibb, Allan A. (2002). "In pursuit of a new 'enterprise' and 'entrepreneurship' paradigm for learning: creative destruction, new values, new ways of doing things and new combinations of knowledge". *International Journal of Management Reviews*. 4, 3: p. 233-269.
- [3] Perez Palacios, Emma. (2009). "La universidad en la formación de emprendedores empresariales y el apoyo en la creación de nuevas empresas". *Gestión en el Tercer Milenio*. 12, 23: p. 5.
- [4] Guadalupe, Cesar;Castro de Almeida, Ivan ;Taccari, Daniel. (2008). *Situación Educativa de América Latina y el Caribe: garantizando la educación de calidad para todos*. Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe (OREALC/UNESCO Santiago). Santiago, Chile.
- [5] Almandoz, María Rosa;Pereira, Luiz Augusto Caldas;Enguita, Mariano Fernández;Ferraro, Ricardo;Gándara, Gustavo;Gómez, Víctor Manuel;Jacinto, Claudia;Labarca, Guillermo;Ferreira, Getúlio Marques;Méhaut, Philippe;Nahirñak, Paula;Novick, Marta;Sileoni, Alberto;Cifuentes, Tomás Valdés. (2010). *Educación y trabajo: articulaciones y políticas*. Instituto Internacional de Planeamiento de la Educación IIPÉ - UNESCO. Buenos Aires.
- [6] Pérez Díaz-Pericles, José Manuel (2015)."Educar para emprender". *II Congreso Internacional de Emprendimiento (AFIDE):Emprendimiento: Educación, Innovación y*

- Tecnologías Emergentes & Vª Edición de la International Summer School of Entrepreneurship (ISSE)*. Salamanca, España.
- [7] Kantis, Hugo. (2004). "Nacimiento y desarrollo de empresas dinámicas en América Latina", in *Desarrollo emprendedor: América Latina y la experiencia internacional* / Hugo Kantis, Angelelli, Pablo, and Koenig, Virginia Moori, Editors. Inter-American Development Bank: Washington, DC. p. 287.
 - [8] Bosma, Niels;Wennekers, Sander ;Amorós, José Ernesto. (2012). *Global Entrepreneurship Monitor 2011 Extended Report: Entrepreneurs and Entrepreneurial Employees Across the Globe* Global Entrepreneurship Research Association (GERA). New York.
 - [9] Bosma, Niels ;Acs, Zoltan J. ;Autio, Erkko;Coduras, Alicia ;Levie, Jonathan. (2009). *Global Entrepreneurship Monitor GEM - 2008 Executive Report*. N. S. Bosma, Z. J. Acs, E. Autio, A. Coduras, J. Levie, and Global Entrepreneurship Research Consortium (GERA).
 - [10] Kelley, D.;Singer, S. ;Herrington, M. . (2016). *Global Entrepreneurship Monitor 2015/16 Global Report*. 1ra ed. London Business School. London.
 - [11] Braidot, Néstor Bruno;Chiodi, Franco;González Pedraza, Javier ;César, Rubén. (2008). "Fomento de las capacidades emprendedoras en estudiantes avanzados de Ingeniería Industrial de UNICEN ". en *VI Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería "Formando al Ingeniero del siglo XXI"*.
 - [12] Valls, Jaume;Cruz, Claudio;Torruella, Albert;Juanes, Eduardo;Canessa, Miguel;Hormiga, Esther. (2012). *Causas de fracaso de los emprendedores*. Netbiblo, S. L. La Coruña – España.
 - [13] Díaz Sánchez, Eduardo ;Roch García, Carlos Javier ;Morales-Alonso, Gustavo ;Serrano Dueñas, Marcos ;Blanco-Serrano, José Antonio;Cid Plaza, Ignacio (2016). *NEBTs 4 - Nuevas empresas de base tecnológica: determinantes del emprendimiento, caracterización, internacionalización y proceso estratégico*. Comunidad de Madrid; Consejería de Educación; Dirección General de Universidades e Investigación & Fundación madri+d para el Conocimiento. Madrid, España.
 - [14] Figueira, Jorge. (2013). "Idea empresarial", in *Guía para Emprendedores de Base Tecnológica*. INESPO Innovation Network Spain - Portugal. p. 81.
 - [15] Sztulwark, Sebastián ;Juncal, Santiago Eduardo. (2014). "Innovation and Production in Manufacturing Industry: a Comparative Study about Global Chains". *Journal of Technology Management & Innovation*. 9, 4: p. 22.
 - [16] Fernández Cicarelli, Alicia;Durante, Rola ;Lesser, Ricardo. (1996). *El emprendedor tecnológico o el conocimiento como empresa*. Primera ed. Editorial Universitaria de Buenos Aires (EUDEBA). Buenos Aires.
 - [17] Marvel, Matthew R. ;Lumpkin, G.T. (2007). "Technology Entrepreneurs' Human Capital and Its Effects on Innovation Radicalness". *Entrepreneurship Theory and Practice*. p. 807 - 828.
 - [18] Thomson, J.L. (2004). "The facets of the entrepreneur : identifying entrepreneurial potential". *Management Decision*. 42, 2: p. 243-258.
 - [19] Hindle, K. (2007). "Teaching entrepreneurship at the university: from the wrong building to the right philosophy", in *Handbook of Research in Entrepreneurship Education*, A. Fayolle, Editor. Edward Elgar Publishing: Chetelham, U.K.
 - [20] Fayolle, Alain. (2006). "Essay on the Nature of Entrepreneurship Education". en *Understanding the Regulatory Climate for Entrepreneurship and SMEs*. Rencontres de St-Gall.
 - [21] Binder, Peter ;Knauder, Josef. (2017). "Entrepreneurship in Engineering Education". en *19th International Conference on Interactive Collaborative Learning*. Belfast, UK.
 - [22] Okudana, Gu'il E. ;Rzasab, Sarah E. (2006). "A project-based approach to entrepreneurial leadership education". *Technovation* 26 p. 195-210.
 - [23] Täks, Marge;Tynjälä, Päivi;Toding, Martin;Kukemerk, Hasso ;Venesaar, Urve. (2014). "Engineering Students' Experiences in Studying Entrepreneurship". *Journal of Engineering Education*. 103, 4: p. 573-598.
 - [24] Oukil, M-Said. (2015). "Surveying Entrepreneurship Orientation Through Teamwork Assignments: The Case of Kfupm Students". en *15th Eurasia Business and Economics Society Conference*. Lisbon, Portugal.
 - [25] Scaraffia, Cristina A. ;Anzoise, Esteban. (2012). "Formación de emprendedores tecnológicos en el área de ingeniería desde el enfoque de la innovación disruptiva", in *Educación en Ingeniería para el desarrollo sostenible y la inclusión social - World Engineering Education Forum (WEEF 2012)* H. H. Hoyer and Cukierman, U. R., Editors. versión electrónica: Buenos Aires, Argentina. p. 10.
 - [26] Macko, Anna ;Tyszka, Tadeusz. (2009). "Entrepreneurship and Risk Taking". *APPLIED PSYCHOLOGY: AN INTERNATIONAL REVIEW*. 58, 3: p. 469-487.

- [27] Caliendo, Marco;Fossen, Frank ;Kritikos, Alexander. (2008). *The Impact of Risk Attitudes on Entrepreneurial Survival*. 1st ed. Forschungsinstitut zur Zukunft der Arbeit [Institute for the Study of Labor]. Bonn, Germany
- [28] Prokesch, Steven. (2009). "How GE Teaches Teams to Lead Change". *Harvard Business Review*. p. 6.
- [29] A.S., Tsui;Y., Zhang ;XP, Chen. (2017)."Building a Company with Teamwork and Co-operation, Diversity and Unity", in *Leadership of Chinese Private Enterprises*. Palgrave Macmillan: London. p. 85 - 104.
- [30] Pantano, Eleonora ;Di Pietro, Loredana (2014). "Understanding Consumer's Acceptance of Technology-Based Innovations in Retailing". *Journal of Technology Management & Innovation*. 9, 4: p. 19.
- [31] Brown, Flor ;Guzmán Chávez, Georgina Alenka (2014). "Innovation and Productivity across Mexican Manufacturing Firms". *Journal of Technology Management & Innovation*. 9, 4: p. 17.
- [32] Mariola Laguna;Alessandri, Guido ;Caprara, Gian Vittorio. (2016). "Personal Goal Realisation in Entrepreneurs: A Multilevel Analysis of the Role of Affect and Positive Orientation". *Applied Psychology*. 65, 3: p. 587-604.
- [33] Jaskiewicz, Peter;Luchak, Andrew A.;Oh, In-Sue ;Chlosta, Simone. (2016). "Paid Employee or Entrepreneur? How Approach and Avoidance Career Goal Orientations Motivate Individual Career Choice Decisions". *Journal of Career Development*. 43, 4: p. 349-367.
- [34] CONFEDI. (2007). *Competencias Genéricas de Ingeniería* CONFEDI.
- [35] Cleland, David I. ;Ireland, Lewis R. (2006). *Project Management: Strategic Design and Implementation*. 5 ed. McGraw-Hill Professional,. New York.
- [36] Katzenbach, Jon R. ;Smith, Douglas K. (1993). *The Wisdom of Teams: Creating the High Performance Organization*. Harvard Business School Press. Boston, Massachusett.
- [37] Alles, Martha. (2013). *Comportamiento organizacional: Cómo lograr un cambio cultural a través de Gestión por competencias*. 1ra ed. Ediciones Granica. Buenos Aires.
- [38] Kraemer, Kenneth L. ;Pinsonneault, Alain. (2014)."Technology and Groups: Assessment of the Empirical Research", in *Intellectual Teamwork: Social and Technological Foundations of Cooperative Work*, Jolene Galegher, Kraut, Robert E., and Egido, Carmen, Editors. Psychology Press: New York. p. 522.
- [39] Anzoise, Esteban;Baragiola, Hugo E.;Hassekieff, Gisella;Vargas, Marcela ;Cuenca, Julio H. (2012)."Desarrollo de competencias ingenieriles de trabajo en equipo y aprendizaje interdisciplinario en contextos reales en la FRM UTN". en *II Jornadas de Enseñanza de la Ingeniería JEIN 2012*. San Nicolás de los Arroyos - Buenos Aires, Argentina.
- [40] Chen, Joseph C. ;Chen, Jacob. (2004). "Testing a New Approach for Learning Teamwork Knowledge and Skills in Technical Education". *Journal of Industrial Technology*. 20, 2.
- [41] Mc Gourty, Jack ;DeMeuse, Kenneth P. (2000). *The Team Developer – An Assessment & Skill Building Program – Student Guidebook*. John Wiley & Sons. USA.
- [42] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI). (2006). *PRIMER ACUERDO SOBRE COMPETENCIAS GENÉRICAS - 2do. INFORME*. CONFEDI. La Plata.
- [43] Asteggiano, David E. ;Irassar, Fabián. (2006). *Primer Acuerdo sobre Competencias Genéricas - "3er. TALLER s/ DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA ARGENTINA" – Experiencia Piloto en las terminales de Ing. Civil, Electrónica, Industrial, Mecánica y Química*. Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI). Villa Carlos Paz.
- [44] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI). (2014). *Competencias en ingeniería. Documentos de CONFEDI*. 1ra ed. Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI). Mar del Plata, Provincia de Buenos Aires.
- [45] Echazarreta, Darío Rodolfo;Haudemand, Raquel Edith ;Haudemand, Norma Yolanda. (2012)."Estrategia Didáctica para la Integración de Contenidos en Carreras de Ingeniería". *I Congreso Argentino de Ingeniería CADI 2012*. Mar del Plata, Provincia de Buenos Aires.
- [46] Bouciguez, María Beatriz;Irassar, Liliana;Modarelli, María Cristina;Nolasco, María Rosa;Suárez, María de las Mercedes;Berrino, María Inés. (2012)."Análisis de competencias matemáticas en ingresantes a ingeniería ". *I Congreso Argentino de Ingeniería CADI 2012*. Mar del Plata, Provincia de Buenos Aires.
- [47] Koslosky, María Kolb;Antúnez, Mario Edelmiro ;Longobardi, Verónica Marina. (2012)."Desarrollo de Competencias Profesionales en la Enseñanza de la Ingeniería". *I Congreso Argentino de Ingeniería CADI 2012*. Mar del Plata, Provincia de Buenos Aires.
- [48] Vargas Castro, Edgar Antonio (2013)."MÉTODO DE PROYECTOS DESDE FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA, EN BENEFICIO DE NECESIDADES LOCALES". en *WEEF 2013 - Foro Mundial de Educación en Ingeniería. Innovación en investigación y educación en ingeniería: factores claves para la competitividad global*. Cartagena, Colombia.

- [49] Gibb, Allan A. . (1993). "Enterprise Culture and Education: Understanding Enterprise Education and Its Links with Small Business,Entrepreneurship and Wider Educational Goals". *International Small Business Journal*. 11, 3: p. 11-34.
- [50] Draycott, Matthew ;Rae, David. (2010). "Enterprise Education in Schools and the role of Competency Frameworks". *International Journal Entrepreneurial Behaviour Research*. 17, 2: p. 127 - 145.
- [51] Gibb, Allan A. (2005). *Towards the Entrepreneurial University. Entrepreneurship Education as a Lever for Change*. National Council for Graduate Entrepreneurship (NCGE). Birmingham.
- [52] Ajzen, Icek. (2002). "Perceived Behavioral Control, Self-Efficacy, Locus of Control, and the Theory of Planned Behavior". *Journal of Applied Social Psychology*. 32: p. 1-20.
- [53] Huba, Mary E. ;Freed, Jann E. (1999). *Learner-Centered Assessment on College Campuses: Shifting the Focus from Teaching to Learning* 1st ed. Allyn & Bacon. Needham Heights, MA.
- [54] Slavin, Robert E. (1996). "Research on Cooperative Learning and Achievement: What We Know, What We Need to Know". *Contemporary Educational Psychology*. 21: p. 43 - 69.
- [55] Dansereau, D. F. (1988)."Cooperative learning strategies", in *Learning and Study Strategies: Issues in assessment, Instruction, and Evaluation*, C. E. Weinstein, Goetz, E. T., and Alexander, P. A., Editors. Academic Press: Orlando, FL. p. 103 - 120.
- [56] McGourty, Jack ;Meuse, Kenneth P. De. (2001). *The Team Developer: An Assessment and Skill Building Program - Student Guidebook*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- [57] McGourty, Jack ;Meuse, Kenneth P. De. (2001). *The Team Developer: An Assessment and Skill Building Program - Instructor's Manual*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- [58] Katzenbach, Jon R. ;Smith, Douglas K. (1993). "The Discipline of Teams". *Harvard Business Review*. March 1993.
- [59] Praxis Framework.(2015, 2017, Last Update). *Katzenbach y Smith*. Available from: <https://www.praxisframework.org/library-espanol/katzenbach-and-smith-esp>.
- [60] Elrod, P. David, II ;Tippett, Donald D. (2002). "The "death valley" of change". *Journal of Organizational Change Management*. 15, 3: p. 19.
- [61] Dinsmore, Paul ;Associates, Dinsmore. (1993)."A Conceptual Team-Building Model: Achieving Teamwork Trough Improved Communications and Interpersonal Skills", in *The AMA Handbook of Project Management*, Paul Dinsmore, Editor. AMACOM: New York,. p. 224 - 234.
- [62] Tuckman, Bruce W. (1965). "Developmental sequence in small groups". *Psychological Bulletin*. 63, 6: p. 384-399.
- [63] Edison, Tom. *The Team Development Life Cycle. A New Look*, in *Defense AT&L*: . 2008, Defense Acquisition University. p. 4.
- [64] Anzoise, Esteban;Hassekieff, Gisella;Cuenca, Julio H.;Baragiola, Hugo E. ;Montorzi, Adriana (2016)."Equipos de trabajo multidisciplinarios en ingeniería: modelos predictivos de rendimiento en contexto real ". *IV Congreso Internacional de Educadores en Ciencias Empíricas en Facultades de Ingeniería: ECEFI 2016*. Mendoza, Argentina.
- [65] Elrod, P. David, II ;Tippett, Donald D. (1999). "An Empirical Study of the Relationship Between Team Performance and Team Maturity". *Engineering Management Journal*. p. 11.
- [66] Thamhain, Hans J. (1990). "Managing Technologically Innovative Team Efforts Toward New Product Success". *Journal of Product Innovation Management*. 7, 1: p. 5-18.
- [67] Anzoise, Esteban;Hassekieff, Gisella;Cuenca, Julio H.;Baragiola, Hugo E. ;Montorzi, Adriana (2016)."Rendimiento del Trabajo en Equipos Multidisciplinarios en contexto real: resultados preliminares". *IV Congreso Internacional de Educadores en Ciencias Empíricas en Facultades de Ingeniería: ECEFI 2016*. Mendoza, Argentina.
- [68] Morgan, George A.;Leech, Nancy L.;Gloeckner, Gene W. ;Barrett, Karen C. (2004). *SPSS for Introductory Statistics: Use and Interpretation*. 2nd ed. Lawrence Erlbaum Associates. Mahwah, NJ.

AGRADECIMIENTOS

A todos nuestros alumnos que nos mostraron un mundo más amplio y nos maravillaron con su transformación, a nuestros colegas que nos enriquecieron con sus contribuciones y desafíos, y a los pares revisores que ayudaron a mejorar la comunicación de esta experiencia.

Crecimiento y formación de empresas: la simulación como herramienta para mejorar el emprendimiento.

Fornari Javier Fernando*; Torreano Melani María; Odetto Fabio Marcelo;

UTN Facultad Regional Rafaela

Acuña 49, 2300 Rafaela, Santa Fe

melani.torreano@gmail.com

javier.fornari@frra.utn.edu.ar

RESUMEN:

La creación y el funcionamiento de las empresas transitan un proceso de evolución continuo, pero sobre todo notable en los últimos años. El sostenimiento y la eficacia de las organizaciones dependen de la correcta toma de decisiones, pero sobretodo de aquellas previas a la puesta en marcha, las que surgen en simultáneo con la idea emprendedora. En relación a ello, este enfoque de investigación propone la herramienta de modelos y simulación, en instancias universitarias y académicas, con el propósito de experimentar proyectos de empresas que muestren una minimización en el margen de error del proceso decisorio. Este artículo tiene como objetivo destacar la importancia de la creación de un Área de Simulación, vinculada de forma directa con el trabajo de alumnos emprendedores (de la Universidad Tecnológica Nacional- Facultad Regional Rafaela) que logren simular proyectos finales de grado. De esta forma, con los resultados obtenidos sobre el análisis de una empresa, se podría confirmar o no su factibilidad de implementación o detectar mejoras en los trabajos para poder hacer posible la realización de las empresas.

Palabras Claves: emprendedorismo, simulación, empresas, herramienta.

ABSTRACT

The creation and operation of the companies are a process of continuous evolution, but especially notable in recent years. The sustainability and effectiveness of the organizations depend on the correct decision-making, but above all those before the start-up, those that arise in simultaneous with the enterprising idea. In this regard, this research approach proposes the modeling and Simulation tool, in university and academic instances, in order to experience projects of companies that show a minimization in the margin of error of the decision-making process. This article aims to highlight the importance of creating a simulation area, directly linked to the work of enterprising students (from the National Technological University-Rafaela Regional faculty) who manage to simulate projects End of degree. In this way, with the results obtained on the analysis of a company, it could confirm or not its feasibility of implementation or to detect improvements in the work to be able to make possible the realization of the companies.

1. INTRODUCCIÓN

El presente artículo intenta abordar el tema “Modelos y Simulación” como una herramienta para la comprobación de la factibilidad de proyectos de estudio de grado o las mejoras en los mismos. Este trabajo está orientado a impulsar el “espíritu emprendedor” en estudiantes de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rafaela, con el fin de ampliar el sector industrial de la ciudad. Es por ello que resulta de interés demostrar que los trabajos finales de grado de los estudiantes se pueden aprovechar como una gran oportunidad comprobando la factibilidad de los mismos o sugiriendo mejoras, para luego formar unidades de negocios.

La problemática que se intenta resolver es cómo aplicar en la vida profesional, luego de la obtención del título, los proyectos finales que se generaron. Es lograr un impulso para emprender el propio negocio o la propia empresa, después de la inversión académica en tiempo y costos.

El objetivo de un “área de simulación”, destacando que aún es una idea-proyecto, es empezar a simular lo que pasaría en la realidad si estos planes de trabajo fueran implementados, si deberían mejorar algún aspecto, incluyendo la simulación en la toma de decisiones y las consecuencias que de ellas derivan, ya sean negativas o positivas.

En el artículo se trata de mostrar que tanto el tema de emprendedorismo, como el de simulación son términos que se vienen investigando en muchos lugares y desde diferentes perfiles. El hecho de demostrar algo antes de que suceda en forma real es muy productivo y es una herramienta que debe ser utilizada y aprovechada.

2. DESARROLLO.

2.1. La importancia del Emprendedorismo.

Para comenzar con el desarrollo de este artículo, es necesario mencionar cómo surgió el término “emprendedor”, teniendo en cuenta que fue utilizado por primera vez en el siglo XVIII por el economista francés Richard Cantillon. El economista definía el concepto “emprendedor” como el agente económico que compraba medios de producción a determinado precio a fin de combinarlos y crear un nuevo producto. También se puede considerar, como sinónimo de emprendedor, el concepto que introdujo el austríaco Joseph Schumpeter de “empresario innovador” lo cual lo define “como un agente capaz de innovar en cualquiera de los aspectos empresariales, al mismo tiempo promotor de una nueva dinámica para el desenvolvimiento económico. Es por ello que la generación de nuevos proyectos ha tomado una importancia significativa para la sociedad, ya que, se convierte en un efecto multiplicador de la economía debido al avance social que estos producen obteniendo así más puestos de trabajo e innovación tecnológica, lo que hace que los procesos sean más eficientes.” [1]

Es decir que si se tiene en cuenta ambas definiciones se puede visualizar la importancia que tiene el emprendedorismo como promotor y agente económico en la sociedad. Aun así, se puede considerar que debido al escaso conocimiento y/o desarrollo en administración de empresas, desarrollos de proyectos, toma de decisiones, innovación, crecimiento tecnológico, y muchos otros aspectos que hacen a la formación de una organización, se convierte en una dificultad que necesariamente se debe superar. He aquí la motivación para poder llevar a cabo un Área de Simulación, para que tales ideas o proyectos se transformen en lo que se desea o se mejoren.

2.2 Área de Simulación: ¿Cómo la definimos?

Según la Real Academia Española, se puede definir al área como un espacio de acción o ámbito en el que se desarrolla una actividad. Siguiendo con la misma fuente se define a simulación y/o simular como acción de simular; presentar una cosa haciendo que parezca real. [7]

En base a las definiciones mencionadas anteriormente se considera el término “Área de Simulación” como el espacio de acción donde se presentan proyectos de grado para poder llevarlos a la realidad. Este es el objetivo final que se pretende demostrar con el presente trabajo de investigación, poder llevar a cabo a futuro esta idea-proyecto de un Área de simulación como herramienta en un ámbito físico dentro de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rafaela.

Los términos modelos y simulación son algo que se está tratando en todas partes del mundo, los cuales se están utilizando como una importante herramienta siendo los principales temas la toma de decisiones, las mejoras en procesos productivos, ventas, satisfacción de clientes, implementación de proyectos o cambios en los mismos para poder realizarlos, y así infinidad de puntos de incertidumbre que podemos seguir nombrando y que son de interés para futuros

emprendedores, hemos buscado algunos ejemplos de otras Universidades que demuestran lo citado:

“Un modelo es una representación formal que incluye aquellos elementos de la realidad que considera esenciales desde la perspectiva del observador y a los efectos de la observación.” [3]

“La simulación es un medio mediante el cual tanto nuevos procesos como procesos ya existentes pueden proyectarse, evaluarse y contemplarse sin correr el riesgo asociado a experiencias llevadas a cabo en un sistema real. Es decir, permite a las organizaciones estudiar sus procesos desde una perspectiva sistemática procurando una mejor comprensión de la causa y efecto entre ellos además de permitir una mejor predicción de ciertas situaciones. La teoría de la simulación permite valorar, replantear y medir, por ejemplo, la satisfacción del cliente ante un nuevo proceso, la utilización de recursos en el nuevo proceso o incluso el tiempo para minimizarle. Todas estas posibilidades hacen de la simulación un instrumento ideal para un esfuerzo de replanteamiento de la empresa.” [4]

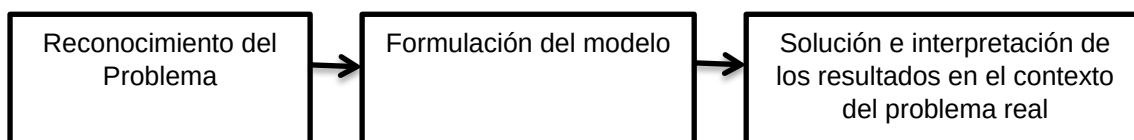
“Un artículo habla sobre modelos y simulación aplicando estos conceptos a una empresa real, enfocado a la implementación de un nuevo sector de producción, donde se pudo simular el desarrollo del mismo: El software ha ayudado a revelar algunos problemas que no están previstos al principio del proyecto. La simulación de la planta en el software ha servido como una herramienta apropiada para resolver este problema antes de la realización real de la producción en forma física. Por lo tanto, la simulación de plantas puede considerarse un excelente remedio en la etapa de planificación de la producción y la verificación de planes en diferentes tipos de producción.” [5]

“Uno de los objetivos de la simulación es realizar ensayos de cambios en el sistema probándolos en el modelo, con el fin de elegir la mejor alternativa, y así enfrentar mejor a una realidad que varía día a día.” [6]

2.2.1 Metodología de Implementación: Modelos y simulación para desarrollar proyectos académicos.

El funcionamiento del Área de Simulación contará de tres etapas:

1. Recopilación de datos actualizados del Sector Industrial de Rafaela: en esta etapa se busca realizar un análisis de mercado en conjunto con los alumnos que participan en el proyecto final, o bien actualizar el ya realizado en el mismo, con el fin de obtener las estadísticas actuales para poder cargar al simulador. Puede utilizarse técnicas de recopilación de datos tales como el análisis de datos históricos, encuestas, análisis de estadísticas, entrevistas y sondeos. Los mismos serán cargados al sistema.
2. Recopilación de datos de los proyectos académicos o de grado de los alumnos: en la misma se va a proceder a cargar los datos que se desarrollaron en los trabajos académicos finales de las diferentes áreas que conforman una empresa y que están claramente definidas en los mismos. Para así luego poder dar paso a la simulación para obtener como resultado la viabilidad de los proyectos o las mejoras que se deben realizar para poder llevarlos a cabo.
3. Implementar la herramienta modelos y simulación: con los datos recolectados se verifica la factibilidad o no de las empresas en análisis, de no poder ser factible se deberá sugerir las mejoras necesarias para su realización. Visualizando los pasos a realizar en esta etapa quedarían de la siguiente manera:



2.3 Encuesta a Emprendedores.

Rafaela es una ciudad con amplias oportunidades para motivar el “Espíritu Emprendedor” y es un tema que está en auge en la misma, por lo que es importante conocer la opinión de Graduados en Organización Industrial y que han comenzado con su emprendimiento.

2.3.1 Preguntas y respuestas esperadas.

1. ¿Cuáles fueron las razones que lo/a llevaron a realizar su propio emprendimiento?
2. ¿De qué trata su emprendimiento y cuáles fueron sus primeros pasos?
3. ¿Qué formación o conocimientos necesitó para poder lograr su proyecto?
4. ¿Qué obstáculos debieron superar para llevarlo a cabo?
5. ¿Qué necesitó para poder lograr la puesta en marcha de su proyecto?
 - Las primeras cinco preguntas se refieren a la información personal y específica de cada emprendimiento.
6. Tomar decisiones es algo sencillo o tal vez algo que parece sencillo... ¿qué aporte puede brindar en base a su experiencia?
7. En relación a la pregunta 6, ¿cree que algunos errores que pueden darse durante la puesta en marcha de un emprendimiento o proyecto se deben por tomar malas decisiones? Justificar su respuesta.
8. ¿Pasó por un caso similar al planteado (tomar malas decisiones)? De ser afirmativa, ¿cómo lo superaron o corrigieron?
 - Las siguientes preguntas pretenden una descripción de las decisiones que tuvieron que tomar, en base a su experiencia. Esto dio paso a la pregunta siguiente que trata sobre el tema específico del informe.
9. Si se piensa en un área de simulación para poder simular un proyecto y ayudar a minimizar las posibilidades de error en la toma de decisiones ¿Qué nos diría usted? ¿Le sería de utilidad?
10. ¿Qué herramientas cree que le hubieran gustado tener cuando emprendió su proyecto y cuáles le gustaría tener?
11. En los últimos años la creación de empresas ha tomado fuerzas y son muchos los que se animan a emprender ¿qué consejos podría brindarnos para no tenerle "miedo" a emprender?
12. ¿Cómo describiría la palabra EMPRENDER? Según el título desafío y pasión, ¿están bien usadas esas palabras para describirlo? ¿Cuáles agregaría?
 - Estas últimas se refieren a lo que ellos creen que es Emprender, las sugerencias que pueden aportar a los estudiantes y las herramientas que necesitaron o les gustaría tener en un futuro para poder seguir creciendo como emprendedores.

2.3.2 Respuestas de interés.

"Creo que es útil un sistema de simulación, ya que las primeras decisiones que se toman no son la más eficientes por la inexperiencia". Dapack SA, Fabricación y comercialización de embalajes de madera.

"Hubo errores que se los adjunte a la falta de experiencia en puesta en marcha del proyecto, dejar de ser empleado y llevar a cabo el proyecto final (TESIS) desarrollado en mi carrera universitaria fue lo que me llevo a realizar mi propio emprendimiento". Visual Demarcaciones, Proveedora de servicios de demarcación vial urbana.

"Lo que me parece que siempre hay que tener en cuenta son TODAS las variables antes de decidir, creo que el poder probar algo antes de sumergirte en una inversión o en un proyecto es fantástico, creo que la tecnología es la base de todo crecimiento, por eso me parece que mientras estemos acompañados por la tecnología y la comunicación todo es más fácil." SR y Asociados, Asesoramiento en Higiene y Seguridad en el Trabajo.

"Sí, por supuesto que sería útil un área de simulación. No es aplicable a mi actividad, pero si a las empresas a las que asisto en temas de productividad industrial." Consultoría en temas de productividad en empresas Pymes.

"La herramienta de modelo y simulación es muy buena lamentablemente hoy se está usando muy poco, pero es interesante obtener resultados y no directamente llevándolo a la práctica, yo siempre busqué mentores que me vayan llevando a un nuevo nivel de capacidad. No hay que cerrarse en lo que uno sabe, y menos teniendo en cuenta los cambios de contexto que cada vez se dan más rápido." Consultora Argañaraz y Asociados.

La idea de encuestar a personas egresadas de la Universidad y que pudieron llevar a cabo su proyecto final de grado es ondear en las experiencias de los que se animaron y emprendieron, saber sus inquietudes, sus primeros pasos y la aceptación de la tecnología como aleada para brindar ayuda en el crecimiento y mejora de sus negocios. Si bien, como han mencionado, el tema simulación es algo de lo que se habla mucho pero se realiza poco, cada uno mostró interés y lo calificó importante de llevarlo a la práctica.

2.4 Rafaela una ciudad de oportunidad de crecimiento.

Además de las opiniones de graduados-emprendedores también podemos visualizar que en la ciudad de Rafaela hay muchos programas que brinda la municipalidad, donde dan el apoyo necesario para que cada persona que quiera emprender su negocio logre su meta, lo formalice, tenga apoyo en cuanto a capacitaciones y/o inconvenientes en la puesta en marcha del mismo; tales como:

- El programa de créditos Rafaela Impulsa ha financiado 98 emprendimientos de la ciudad.
- Ciudades para Empezar es un programa del Ministerio de la Producción de la Nación, y tiene como objetivo fortalecer y desarrollar el ecosistema emprendedor de distintas ciudades de la Argentina.
- El Instituto Nacional Tecnológico Industrial (INTI) es parte de la coordinación del programa Rafaela Empezar, cuenta con 51 centros distribuidos en todo el país que pueden ayudar a consolidar emprendimientos brindando asistencia en diferentes temas, como diseño, costos, producción, calidad, entre otros.
- INTA Rafaela posee una Incubadora de emprendimientos de base tecnológico donde actualmente incuba proyectos vinculados a la producción de bioplásticos y aditivos nutricionales a partir de la valorización del suero de leche.

La información antes mencionada es fuente del Congreso Rafaela Inspira donde se presentaron diferentes disertantes que contaron su experiencia al cual asistieron estudiantes, empresarios, emprendedores y público en general. Además también se llevó a cabo en el marco de este congreso una actividad llamada “Clínica de emprendimientos” en la cual estudiantes de diferentes instituciones educativas trabajaron en grupo a la par de un emprendedor resolviendo una problemática que el mismo tenía brindando una solución en 100 horas de trabajo en equipo, lo que se quiere recalcar con la misma es la continua vinculación que existe entre los estudiantes con las posibilidades de resolver problemas, emprender, desafiar los conocimientos adquiridos y por sobre todo poner la mente en funcionamiento.

Muchos estudios destacan hoy la importancia de la interrelación de los sectores educativo y productivo. El Programa “Rafaela Empezar” surge a través de un trabajo articulado entre el gobierno local y las principales instituciones ligadas al sector productivo de Rafaela. Específicamente el trabajo de evaluación del Programa Rafaela Empezar tiene algunos antecedentes similares en cuanto a la metodología utilizada para evaluar una política de apoyo a pymes o emprendedores. [2]

La propuesta de valor que podemos agregar a toda la información que pudimos recaudar del arduo trabajo que se está realizando en la ciudad en base al fuerte crecimiento de proyectos y la gran importancia que están tomando los emprendedores es desarrollar la implementación de modelos y simulación como herramienta para mejorar el emprendimiento y ayudar a disminuir los errores que se puedan cometer.

3. CONCLUSIONES.

En conclusión podemos decir que creemos fehacientemente en el aporte que brindamos y sumamos a la gran cantidad de investigaciones, artículos e informes que tratan el tema de emprendedorismo, simulación, toma de decisiones, vinculación de casas de estudio con el sector productivo, con la innovación, con resolver problemas y animarse a afrontar un negocio propio es un granito de arena más que suma a la ciudad de Rafaela a desarrollar su parte industrial y promover el crecimiento de emprendedores, aspirando a inculcar en estudiantes el “espíritu emprendedor” animándolos a desafiar su creatividad.

El objetivo final de este trabajo de investigación es poder llevar a cabo la idea-proyecto de un Área de Simulación de Proyectos Finales en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rafaela, con el propósito de simular proyectos finales de grado empezando con la carrera de Licenciatura en Organización Industrial para verificar la factibilidad o no de los mismos o bien brindarles ayuda para realizar las mejoras necesarias para poder llevarlos a cabo.

A su vez pensamos lograr en una segunda etapa una relación con el programa que brinda la ciudad de Rafaela para emprendedores el cual se denomina “Rafaela Empezar”, poniendo a disposición esta herramienta para que todos los emprendedores que participan en el mismo tengan la posibilidad de mejorar su emprendimiento, resolver problemas y poder avanzar en su objetivo.

5. REFERENCIAS.

- [1] Mariano F. Lucchetti. (2011). *"La cultura emprendedora y su contribución al desarrollo económico" Especial para ©iProfesional.com*
- [2] Diego Peiretti. (2015). *"La creación de empresas como estrategia de desarrollo territorial: Análisis del programa Rafaela Emprende"*. Maestría en Desarrollo Territorial, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rafaela. Rafaela, Argentina.
- [3] Profesor Héctor Zamorano. (2006). *"Los Modelos de Simulación como apoyo a la toma de Decisiones"*. 16º Congreso Nacional de Profesionales en Ciencias Económicas. Rosario, Argentina.
- [4] Carmen Fullana Belda, Elena Urquía Grande. *"LOS MODELOS DE SIMULACIÓN: UNA HERRAMIENTA MULTIDISCIPLINAR DE INVESTIGACIÓN"*. Universidad Pontificia de Comillas. Madrid, España.
- [5] Peter Trebuna, Marek Kliment, Milan Edl, Marián Petrik. (2014). *"CREATION OF SIMULATION MODEL OF EXPANSION OF PRODUCTION IN MANUFACTURING COMPANIES"*. ScienceDirect, Modelling of Mechanical and Mechatronic Systems MMaMS. Universidad de la República Eslovaca de Bohemia Occidental, Facultad de Ingeniería mecánica, República Checa.
- [6] Trabajo de FIUBA, Facultad de Ingeniería Universidad de Buenos Aires.
- [7] Real Academia Española. Diccionario de la Lengua Española.

6. BIBLIOGRAFÍA.

- [1] Guasch, Antoni; Piera, Miguel Ángel; Casanovas, Josep; Figueras, Jaume. (2002). *Modelado y Simulación: Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios*. Ediciones UPC.
- [2] Coss Bú Raúl. (2003). *Simulación: Un enfoque práctico*. Editorial Limusa SA.

Agradecimientos

La autora de este trabajo desea agradecer a sus profesores de la materia Modelos y Simulaciones de la carrera Licenciatura en Organización Industrial Javier FORNARI y Fabio ODETTO por la ayuda brindada durante el desarrollo del mismo y la paciencia que me tuvieron, a su vez quiero agradecer como estudiante a la Ciudad de Rafaela por inspirar de alguna manera las ganas de emprender, de buscar soluciones para facilitar la implementación de nuevos emprendimientos o mejorar los existentes.

ANEXOS

Encuesta realizada a los graduados de la carrera Licenciatura en Organización Industrial:

EMPRENDER: Desafío y Pasión...

Nombre o Razón Social:

Rubro:

Nombre de quien responde la encuesta:

Formación académica:

Institución académica donde se egresó:

Autoriza a ser citado/a para un trabajo final:

Sí _____ No _____

Encuesta:

1. ¿Cuáles fueron las razones que lo/a llevaron a realizar su propio emprendimiento?
2. ¿De qué trata su emprendimiento y cuáles fueron sus primeros pasos?
3. ¿Qué formación o conocimientos necesitó para poder lograr su proyecto?
4. ¿Qué obstáculos debieron superar para llevarlo a cabo?
5. ¿Qué necesitó para poder lograr la puesta en marcha de su proyecto?
6. Tomar decisiones algo sencillo o tal vez algo que parece sencillo... ¿qué aporte puede brindar en base a su experiencia?
7. En relación a la pregunta 6, ¿cree que algunos errores que pueden darse durante la puesta en marcha de un emprendimiento o proyecto se debe por tomar malas decisiones? Justificar su respuesta.
8. ¿Pasó por un caso similar al planteado (tomar malas decisiones)? De ser afirmativa, ¿cómo lo superaron o corrigieron?
9. Si se piensa en un área de simulación para poder simular un proyecto y ayudar a minimizar las posibilidades de error en la toma de decisiones ¿Qué nos diría usted? ¿Le sería de utilidad?
10. ¿Qué herramientas cree que le hubieran gustado tener cuando emprendió su proyecto y cuáles le gustaría tener?
11. En los últimos años la creación de empresas ha tomado fuerzas y son muchos los que se animan a emprender ¿qué consejos podría brindarnos para no tenerle "miedo" a emprender?
12. ¿Cómo describiría la palabra EMPRENDER? Según el título desafío y pasión, ¿están bien usadas esas palabras para describirlo? ¿Cuáles agregaría?