



INGENIERÍA INDUSTRIAL





INGENIERÍA INDUSTRIAL

Ingeniería Industrial

Revista de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura
de la Universidad de Lima
Carrera de Ingeniería Industrial
Núm. 42, junio del 2022

Director

Marcos Fernando Ruiz Ruiz, Universidad de Lima, Perú
<https://orcid.org/0000-0001-5147-8512>

Editora

María Teresa Noriega Aranibar, Universidad de Lima, Perú
<https://orcid.org/0000-0001-6824-1415>

Comité Editorial

Gabriela Laura Gallardo, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Argentina
<https://orcid.org/0000-0003-1426-8430>

Wilfredo Román Hernández Gorriti, Universidad de Lima, Perú
<https://orcid.org/0000-0002-6122-4935>

Silvia Ponce Álvarez, Universidad de Lima, Perú
<https://orcid.org/0000-0003-1583-7113>

José Zayas-Castro, University of South Florida, Estados Unidos
<https://orcid.org/0000-0001-7374-3479>

Marcos Leandro Silva Oliveira, Universidad de la Costa, Colombia
<https://orcid.org/0000-0002-7771-5085>

Hugo Romero-Bonilla, Universidad Técnica de Machala, Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-7846-0512>

© Universidad de Lima
Fondo Editorial
Av. Javier Prado Este 4600
Urb. Fundo Monterrico Chico, Lima 33
Apartado postal 852, Lima 100, Perú
Teléfono: 437-6767, anexo 30131
fondoeditorial@ulima.edu.pe
www.ulima.edu.pe

Edición, diseño, diagramación y carátula: Fondo Editorial de la Universidad de Lima

Publicación semestral

Los trabajos firmados son de responsabilidad de los autores. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta revista, por cualquier medio, sin permiso expreso del Fondo Editorial.

Ingeniería Industrial se encuentra registrada bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY)

ISSN 2523-6326

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú n.º 2020-08605

COMITÉ EVALUADOR

Ledy Torcoroma Gómez Bayona	(Universidad San Buenaventura - Medellín, Colombia)
Edilberto Miguel Avalos Ortecho	(Universidad de Lima, Perú)
Urbano Eliécer Gómez Prada	(Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia)
Imelda Zayas Barreras	(Universidad Politécnica del Valle del Évora, México)
Edilberto Antonio Llanes Cedeño	(Universidad Internacional SEK, Ecuador)
Tomás Gómez Franco	(Universidad Francisco de Vitoria, España)
Luis Bedoya Jiménez	(Universidad de Lima, Perú)
Fernando Kleeberg Hidalgo	(Universidad de Lima, Perú)
Elsie Violeta Bonilla Pastor	(Universidad de Lima, Perú)
Pedro Arroyo Gordillo	(Universidad de Lima, Perú)
Pablo Matus	(Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile)
Maryeni Enriquez Enriquez	(Universidad Nacional de Colombia, Colombia)

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	9
FOREWORD	11
GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN / PRODUCTION MANAGEMENT	13
Determinación de la capacidad operativa del túnel de congelación de una empresa pesquera	15
<i>Fabiola Olivares, Jane Martínez-Cajahuanca, Domingo Sánchez-Amado, Andrés Molleda</i>	
Planeación de las capacidades de producción de una empresa de producción de muebles en Cuba	35
<i>Ailen Estevez Torres, Alexey Megna Alicio, María de los Ángeles Campos Fernández, Geinier Barbaro Ramírez Camejo, Rafael Eduardo Jardines Rivas</i>	
Relación entre <i>last mile</i> y <i>milk run</i> . Revisión de literatura y clasificación de soluciones a los principales desafíos que afronta el Perú en la logística de última milla	57
<i>Julio Abraham Ramos Quispe, Kareen Elena Flores Sanjinez, Rosario Natalia Zavala Bejarano, Victor Andres Ccahuana Cutipa</i>	
CALIDAD Y MEDIOAMBIENTE / QUALITY AND ENVIRONMENT	77
Análisis de la operación en la mejora del proceso de encerado de cítricos	79
<i>Inelvy de los Ángeles Arenas Arrieta, Lidilia Cruz-Rivero, Ernesto Lince Olguín</i>	
Comparación de modelos cinéticos isotérmicos durante la adsorción de plomo mediante <i>Azolla caroliniana</i>	99
<i>Hugo Romero-Bonilla, Juan Carlos Luque Vera, Andrés Castillo Sánchez, Washington Espinoza Ramón, Luis Olivera Montenegro</i>	

INGENIERÍA DE NEGOCIOS / BUSINESS ENGINEERING	115
Comportamiento del lado oscuro y satisfacción en las relaciones comerciales entre empresas. Revisión de literatura	117
<i>Carlos Javier Ayala-Regalado</i>	
Una propuesta de diseño de indicadores de I+D en espacios de educación superior	139
<i>Silvano Rossi, Gustavo Illescas</i>	
Modelo para la definición de los requisitos de un sistema de información en una organización de salud de Mar del Plata, Argentina	159
<i>Luciana Belén Tabone, Verónica Aída Mortara</i>	
Análisis y desarrollo de la reputación corporativa en las organizaciones modernas. Un acercamiento al estado del arte	183
<i>Ledy Gómez-Bayona, Jaime Alberto Orozco-Toro, Edy Zulima Restrepo Londoño, Olga Velez Bernal</i>	
PROYECTOS EMPRESARIALES INDUSTRIALES / INDUSTRIAL BUSINESS PROJECTS	201
Proyecto de inversión de mantenimiento, renovación y modernización del material rodante del Sistema de Transporte Colectivo (STC) Metro	203
<i>Miriam Sosa Castro</i>	
CIENCIA Y TECNOLOGÍA / SCIENCE AND TECHNOLOGY	229
Improvement of PVC Compound Plasticizer Extraction Process	231
<i>Julia Guadalupe Pérez Arteaga, Marco Antonio Díaz Martínez, Reina Verónica Román Salinas</i>	
Utilización de videojuegos en la industria y en la educación	251
<i>Hernán Quintana-Cruz</i>	
AUTORES	265
INFORMACIÓN PARA COLABORADORES Y NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS	275

PRESENTACIÓN

La ingeniería industrial, como un espacio de investigación orientado a analizar y proponer soluciones a diversos problemas de la industria y de la sociedad, ha ido evolucionando en las últimas décadas en cuanto al espectro de acción y de interés que le atañen. Esta evolución ha permitido que sus herramientas no solo sean empleadas para la creación de mayor productividad o valor en las organizaciones, sino que logren una transferencia hacia otras importantes áreas de conocimiento y viceversa, constituyéndose también en un medio para el desarrollo social, cultural y humano de los países de nuestra región.

La revista *Ingeniería Industrial* cumple 30 años desde su primer número en 1992 y no ha sido ajena a estos cambios y evoluciones mencionados. Actualmente, se consolida como un proyecto dinámico orientado a la comunidad académica nacional e internacional, abierto al diálogo interdisciplinario y comprometido con el desarrollo y socialización del conocimiento. En este contexto, presento a la comunidad científica la edición n.º 42 de la revista *Ingeniería Industrial* de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Lima, conmemorando su trigésimo aniversario y los 60 años de nuestra casa de estudios.

En este número de aniversario, la revista *Ingeniería Industrial* se complace en presentar resultados de investigaciones efectuadas por académicos de Argentina, Colombia, Cuba, España, México y Perú, vinculados a temas de producción industrial, operaciones y mejora de procesos, logística y transporte, sistemas de información, tratamiento de aguas residuales, riesgos laborales, relaciones comerciales; así como de ciencia y tecnología aplicada a la educación e investigación.

Finalmente, quiero reconocer el arduo trabajo que viene desempeñando el equipo editorial y agradecer a los autores participantes y revisores de esta edición, cuyos valiosos comentarios y sugerencias han contribuido para asegurar la calidad de los artículos seleccionados.

Marcos Fernando Ruiz-Ruiz
Director

FOREWORD

Industrial Engineering is a research space aimed at analyzing and proposing solutions to various problems in industry and society. In recent decades, it has been evolving in terms of the spectrum of activities and interests that concern it. In the course of this evolution, its tools have been used to increase productivity and value in organizations and transfer those tools to other important areas of knowledge and vice versa. Thus, Industrial Engineering has become a means for social, cultural, and human development in the countries of our region.

Industrial Engineering Journal celebrates thirty years since its first issue was published in 1992 and has not been immune to the changes and developments just mentioned. In this process, it has become a dynamic project focused on the national and international academic community, open to interdisciplinary dialogue and committed to the development and socialization of knowledge. In this context, it is my privilege to present to the scientific community the 42nd edition of the *Industrial Engineering Journal*, edited by the Industrial Engineering Career of the University of Lima. This issue celebrates our thirtieth anniversary as well as our university's 60th anniversary.

In this anniversary issue, the *Industrial Engineering Journal* is pleased to present the research results carried out by academics from Argentina, Colombia, Cuba, Spain, Mexico, and Peru. They are related to industrial production, operations, process improvement, logistics and transportation, information systems, wastewater treatment, labor risks, commercial relations, and science and technology applied to education and research.

Finally, I would like to acknowledge the hard work that the editorial team has been carrying out and thank the participating authors and reviewers of this edition, whose valuable comments and suggestions have contributed to ensuring the quality of the selected articles.

Marcos Fernando Ruiz-Ruiz
Director

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD OPERATIVA DEL TÚNEL DE CONGELACIÓN DE UNA EMPRESA PESQUERA*

FABIOLA OLIVARES**

<https://orcid.org/0000-0002-0722-5320>

JANE MARTÍNEZ-CAJAHUANCA

<https://orcid.org/0000-0003-1359-7080>

DOMINGO SÁNCHEZ-AMADO

<https://orcid.org/0000-0002-3519-8569>

ANDRÉS MOLLEDA

<https://orcid.org/0000-0003-2732-0752>

Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Pesquería, Lima, Perú

Recibido: 7 de febrero del 2022 / Aprobado: 10 de marzo del 2022

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n42.5731>

RESUMEN: El objetivo fue determinar la capacidad operativa del túnel de congelación de una empresa de servicios pesqueros. Se inspeccionó el funcionamiento del equipo, se recopilaron los parámetros operacionales teóricos y, en cuarenta puntos seleccionados, se evaluó la velocidad (1,8 a 4,4 m/s) y la temperatura del aire (-25 °C y -11 °C), así como la temperatura inicial y final del proceso de congelación de perico (*Coryphaena hippurus*) entero eviscerado. La capacidad operativa real del equipo (77,2 kW) se calculó mediante la aplicación de expresiones matemáticas que permitieron determinar las cargas térmicas y, posteriormente, se comparó con la capacidad de diseño (75 kW). La velocidad y temperatura del aire al interior del equipo y la distribución de temperatura en el producto no fueron uniformes y dependieron de la ubicación de los ventiladores y de los puntos donde se realizaron las mediciones. Estas variaciones afectaron las cargas térmicas generadas por el producto y fueron directamente proporcionales a la velocidad del aire e inversamente proporcionales a la temperatura en el centro del producto. Los resultados indicaron que el túnel se encontraba trabajando por encima de su capacidad;

* Todos autores han contribuido con la misma intensidad en el diseño, obtención de datos, análisis, revisión crítica de su contenido y aprobación final de la versión publicada.

** Correos electrónicos en orden de aparición: folivares@lamolina.edu.pe, 20101443@lamolina.edu.pe, dsa@lamolina.edu.pe, amolleda@lamolina.edu.pe

los tiempos de congelación eran superiores a los reportados para perico congelado a temperaturas de entre $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

PALABRAS CLAVES: capacidad de diseño / capacidad real / parámetros operacionales / carga térmica

DETERMINATION OF THE OPERATIONAL CAPACITY OF THE FREEZING TUNNEL OF A FISHING COMPANY

SUMMARY: This study determined the operational capacity of the freezing tunnel of a fishing services company. The operation of the equipment was inspected, the theoretical operational parameters were collected, and in 40 selected points, the speed (1,8 – 4,4 m/s) and temperature ($-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$) of the air, and the initial and final freezing temperatures of whole gutted mahi-mahi (*Coryphaena hippurus*) were evaluated. The real operating capacity of the equipment (77,2 kW) was calculated by applying mathematical expressions that allowed to determine the thermal loads, and later it was compared with the design capacity (75 kW). The speed and temperature of the air inside the equipment and the temperature distribution of the product were not uniform. They depended on the location of the fans and the measurement points. These variations affected the thermal loads generated by the product and were directly proportional to the speed of the air and inversely proportional to the temperature in the center of the product. The results showed the tunnel was working above its capacity; freezing times were higher than those reported for mahi-mahi frozen at temperatures between $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

KEYWORDS: design capacity / real capacity / operational parameters / thermal load

1. INTRODUCCIÓN

Para la conservación de alimentos, el congelado es un método ampliamente utilizado en la industria pesquera, ya que las bajas temperaturas evitan el desarrollo de microorganismos y disminuye el efecto de las enzimas sobre el producto. El tiempo de congelación del producto es un factor importante, se puede predecir aplicando la ecuación de Planck o con métodos simples que utilizan aproximaciones analíticas que tienen en cuenta el calor sensible y el carácter gradual del proceso de cambio de fase de los alimentos (Pham, 1984; Santos et al., 2007). Por lo general, un producto entre 10 cm y 12,5 cm de espesor debería demorar entre 5 a 6 horas para congelarse hasta $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ o $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, y a una temperatura de operación de $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Johnston et al., 1994).

La congelación por aire se realiza en equipos especialmente diseñados para este fin, como túneles de congelación o congeladores de banda transportadora (Ordóñez Muñoz, 2006). En estos equipos, el aire frío circula a través de los productos que están situados sobre bandejas que se introducen en coches que ruedan en el cuarto y sobre ellas hay un evaporador (Seitz Lyng, 2008). El ventilador adosado al evaporador envía una corriente a los coches y otro, en el extremo opuesto, absorbe el aire que pasó por las carretas, generándose un circuito cerrado que va bajando la temperatura hasta llegar a la fijada (Céspedes Urrutia, 2012).

El sistema de refrigeración utilizado en estos equipos tiene como objetivo enfriar un determinado espacio, es decir, quitar calor; siendo los más utilizados los que se basan en la vaporización de fluidos condensables que se recuperan por absorción o compresión, teniendo este último un rendimiento superior (Binaggia Coto, 2007). El sistema por compresión consiste en una circulación continua de refrigerante a través del evaporador, compresor, condensador y válvula de expansión en un sistema cerrado, creando zonas de alta y baja presión, con el propósito de que el fluido absorba calor en un lugar y lo disipe en el otro (Vélez Navia, 2011). El compresor es considerado como la verdadera máquina de toda instalación frigorífica (Lucas, 2016; Widell & Eikevik, 2010); mientras que el condensador es básicamente el intercambiador de calor que rechaza todo el calor del sistema de refrigeración, incluyendo no solo el calor absorbido por el evaporador, sino también la energía transferida por el compresor (Binaggia Coto, 2007; Ordóñez Muñoz, 2006).

Por otro lado, Melgarejo Moreno (2005) señala que no existe un refrigerante perfecto, al respecto hay una gran variedad de opiniones acerca de cuál es más apropiado para aplicaciones específicas. Aunque la mayoría de los refrigerantes poseen el inconveniente de dañar la capa de ozono y de contribuir al efecto de invernadero; existe un grupo de refrigerantes hidrofluorocarbonos (HFC) que al no poseer cloro no afectan la capa de ozono y tienen un menor potencial de calentamiento global (Carreño Barrera & Jadán Lucero, 2013; Lucas Hidalgo, 2016). De acuerdo la normativa europea F-GAS 517/2014, a partir del 2020 se han venido utilizando refrigerantes con un potencial de calentamiento

atmosférico (PCA) más bajo y será a partir del 2022 que las exigencias de PCA para algunas aplicaciones nuevas se reduzcan a 750 (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2015).

En las instalaciones frigoríficas con utilización de aire, como los túneles de congelamiento, la velocidad del aire es muy irregular y en algunas zonas no supera entre los 0,1-0,2 m/s, dependiendo del grado de saturación del túnel con producto y la distribución de este (Huertas Samayoa, 2013). De forma general, para el congelamiento de pescado, la velocidad de circulación del aire no debería exceder los 5 m/s (Céspedes Urrutia, 2012).

La carga térmica es la capacidad frigorífica con la que opera el túnel para congelar el producto y para determinarla se utiliza un sistema de cálculo, que implica el cálculo de todas las cargas que generan o aportan calor al lugar a congelar, es decir, las potencias caloríficas o frigoríficas para mantener fría la cámara y todo lo que se encuentre dentro de ella (Ordóñez Muñoz, 2006; Vélez Navia, 2011).

Desde que se inició el empleo del frío como sistema de conservación, el proceso tecnológico, las maquinarias, los equipos y la calidad del producto de las plantas de congelación han mejorado con la finalidad de cumplir las exigencias del mercado y del medio ambiente (Ramakrishnan et al., 2004). Sin embargo, las instalaciones para congelar, en algunos casos, no cumplen con los parámetros considerados en los diseños, como la carga térmica, la uniformidad en la velocidad del aire, la distribución de la temperatura o el tiempo de congelado, afectando directamente a las características sensoriales del producto durante el proceso de congelado y con las consecuencias en costos de producción respectivas.

Las empresas que brindan servicios pesqueros industriales también buscan la mejora de la calidad de sus productos, orientando sus esfuerzos en obtener altas eficiencias de sus equipos, maquinarias e instalaciones, por tal motivo el trabajo de investigación estuvo orientado a determinar la capacidad operativa del túnel de congelación de la empresa Servicios Industriales Pesqueros S. A. Para tal fin, se analizaron los parámetros de funcionamiento del túnel y se determinaron las cargas térmicas requeridas durante el proceso de congelado. Finalmente, los resultados obtenidos fueron comparados con los establecidos en el diseño del equipo.

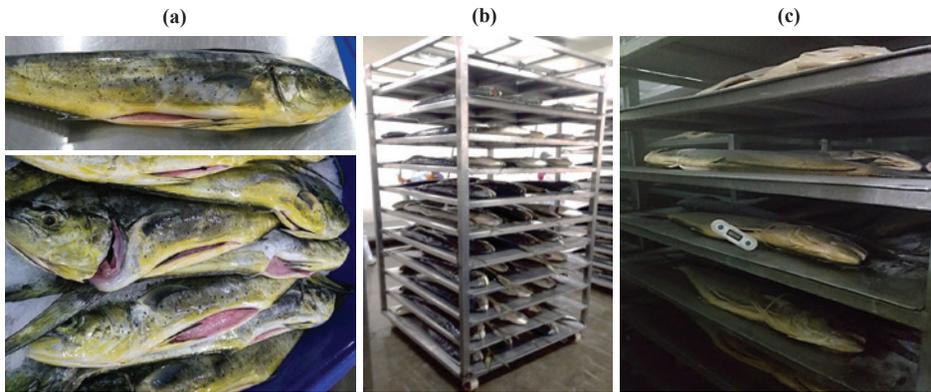
2. MATERIALES Y MÉTODOS

La determinación de la capacidad operativa del túnel de congelación se realizó en una de las plantas de congelados de la empresa Servicios Industriales Pesqueros S. A., ubicada en el Terminal Pesquero en Villa María del Triunfo, en Lima, Perú. El túnel de congelación con aire forzado evaluado tenía una capacidad máxima de 5 t, distribuidas en 8 coches de 660 kg cada uno. La temperatura de trabajo del túnel fue de $-40 \pm 1,5$ °C. Para la prueba

del proceso de congelación se utilizó perico (*Coryphaena hippurus*) entero eviscerado y sin agallas (véase la figura 1).

Figura 1

Perico (Coryphaena hippurus) utilizado para determinar la capacidad operativa del túnel de congelación



Nota. (a) Perico fresco, entero, eviscerado y sin agallas. (b) Distribución del perico en los coches de congelación. (c) Medición de la temperatura en el centro del producto al interior del túnel.

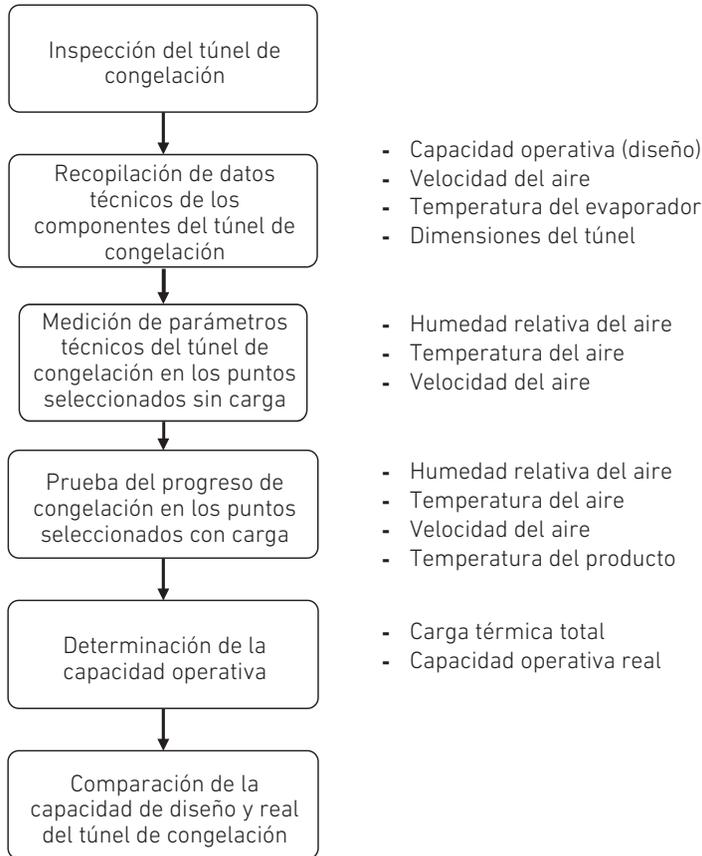
En la figura 2 se presenta la metodología utilizada para determinar la capacidad operativa del túnel de congelación. El primer paso fue realizar una inspección del equipo y luego recopilar los parámetros técnicos teóricos, como la capacidad de congelación, velocidad del aire, temperatura del evaporador, dimensiones del túnel y espesor del aislante de las paredes.

En la siguiente operación, con el túnel en funcionamiento sin materia prima, se determinaron los parámetros técnicos del equipo. Se establecieron cuarenta puntos de medida seleccionados, previamente, y se registró humedad relativa (higrómetro digital Extech Modelo 445713, EE. UU.), temperatura (termómetro digital Boeco, Alemania) y velocidad del aire al interior del túnel de congelación (anemómetro digital Benetech GM816, China).

Luego, se estibó el producto en bandejas de acero inoxidable (90 cm × 109,5 cm), ubicadas en cada nivel del coche de congelación, y los ocho coches con carga fueron colocados en el interior del túnel para iniciar la prueba del progreso de congelación como se puede apreciar en la figura 1(b). Las mediciones de temperatura del producto (centro geométrico) y la humedad relativa, temperatura y velocidad del aire se realizaron en los cuarenta puntos elegidos registrados al inicio y final del proceso de congelación como se observa en la figura 1(c). Todas las medidas se realizaron por triplicado.

Figura 2

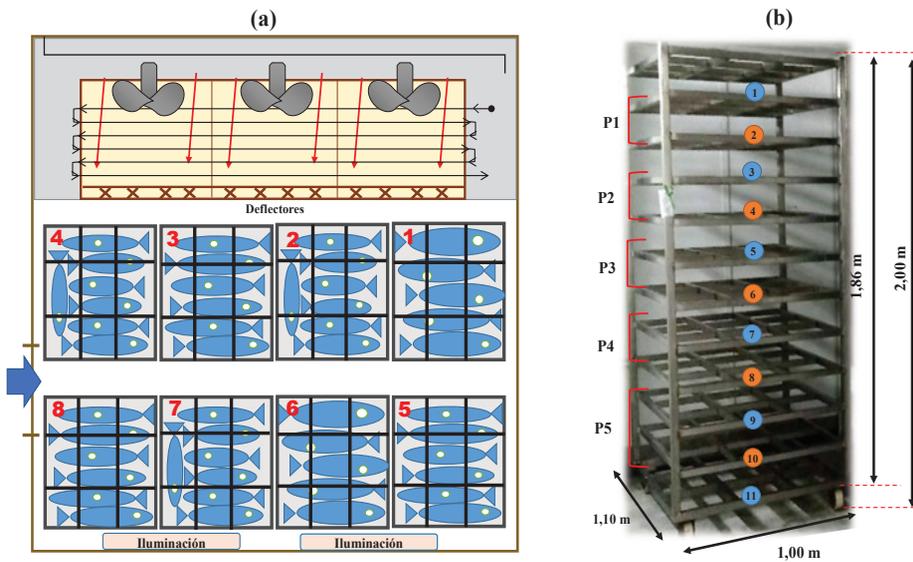
Esquema de la metodología a desarrollar para la determinación de la capacidad operativa del túnel de congelación



En la figura 3, se presenta el esquema de la distribución de los 40 puntos seleccionados para medir los parámetros mencionados, así como las dimensiones y los puntos de mediciones distribuidos en 5 puntos localizados verticalmente en cada coche.

Figura 3

Distribución, niveles y puntos de medición en los coches al interior del túnel de congelación



Nota. (a) Esquema de la distribución de los 8 coches de congelación. (b) Dimensiones, niveles y puntos de mediciones en los coches de congelación. P1 = punto de medición 1 (bandejas del nivel 1 y 2). P2 = punto de medición 2 (bandejas del nivel 3 y 4). P3 = punto de medición 3 (bandejas del nivel 5 y 6). P4 = punto de medición 4 (bandejas del nivel 7 y 8). P5 = punto de medición 5 (bandejas del nivel 9, 10 y 11).

Con los datos obtenidos de las operaciones previas y utilizando las expresiones matemáticas de transferencia de calor correspondientes, se determinó la carga térmica total o capacidad operativa real de congelación del túnel. En la tabla 1 se encuentran las expresiones matemáticas utilizadas para el cálculo de las cargas térmicas dependientes e independientes según corresponda. La carga térmica total fue la resultante de la sumatoria de las cargas térmicas relacionadas con la materia prima y las cargas relacionadas con el proceso de congelación o independientes; a este valor se le adicionó un factor de seguridad equivalente al 10 %, obteniendo, finalmente, la carga térmica total corregida o capacidad operativa real en kcal/día.

Tabla 1

Expresiones matemáticas utilizadas para el cálculo de las cargas térmicas para determinar la capacidad operativa del túnel de congelación

Carga térmica	Expresión matemática	Nomenclatura
Dependientes		
Calor sensible	Producto no congelado	Q_s : calor sensible del producto no congelado (kcal) Q_{sc} : calor sensible del producto congelado (kcal) m : masa del producto (kg) C_e : calor específico del producto (kcal/kg°C) T_i : temperatura al ingresar al túnel (°C) T_{cong} : temperatura de congelación (°C) T_f : temperatura final del producto (°C)
	$Q_s = m * C_e * (T_i - T_{cong}) \quad (1)$	
	Producto congelado	
	$Q_{sc} = m * C_e * (T_i - T_f) \quad (2)$	
Calor latente	$Q_l = \Delta * m \quad (3)$	Q_l : calor latente de congelación del producto (kcal) m : masa del producto (kg) Δ : calor latente del producto (kcal/kg)
Independientes		
Calor de transmisión por conducción	$Q_c = A * U * (T_{ext} - T_{int}) \quad (4)$	Q_c : calor de transmisión por conducción (kcal/h) A : área externa de los muros (m ²) T_{ext} : temperatura externa (°C) T_{int} : temperatura interna (°C) U : coeficiente de transmisión de calor (kcal/m ² h°C) x : espesor del aislante (m) k : conductividad térmica (kcal/mh°C) h_e : coeficiente de convección del muro con el aire exterior (kcal/m ² h°C) h_i : coeficiente de convección del muro con el aire interior (kcal/m ² h°C)
	$U = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_i}} \quad (5)$	
Calor referido al cambio de aire e infiltraciones	$Q_r = N * \frac{V}{V_e} * (h_{ext} - h_{int}) \quad (6)$	Q_r : calor por renovación de aire (kcal/día) N : renovaciones de aire al día V : volumen interno del frigorífico (m ³) V_e : volumen específico del aire de ingreso (m ³ /kg) h_{ext} : entalpía del aire externo (kcal/kg) h_{int} : entalpía del aire interno (kcal/kg)
Calor disipado por personas trabajando	$Q_p = N \cdot \text{de personas} * \frac{h \text{ de estadía}}{\text{día}} * f \quad (7)$	Q_p : carga térmica por personas (kcal/día) f : factor de conversión (kcal/h)

Calor por iluminación	$Qi = W * \frac{h \text{ de uso}}{\text{día}} * f$	(8)	<p>Qi: cargas térmica por iluminación (kcal/día)</p> <p>W: potencia necesaria por unidad de área (W/m^2)</p> <p>f: factor por iluminación (3,42 Btu/Wh o 0,86 kcal/Wh)</p>
Calor disipado por motores eléctrico	$Qm = Hp * N.^\circ \text{ de motores} * \frac{h \text{ de uso}}{\text{día}} * f$	(9)	<p>Qm: carga térmica por los motores (kcal/día)</p> <p>Hp: potencia del motor (hp)</p> <p>f: factor de conversión (Btu/hph)</p>

El análisis de las cargas dependientes se realizó individualmente por cada punto de medición, debido a que los datos de temperatura inicial al ingresar al túnel, temperatura final de congelación y kilogramos del producto a congelar fueron diferentes en cada punto.

Finalmente, se comparó la capacidad real con la capacidad de diseño obtenida de la ficha técnica del túnel de congelación a fin de verificar el funcionamiento del equipo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La inspección visual realizada al túnel de congelación nos indicó el estado óptimo de los equipos con respecto a su conservación y funcionamiento. Este resultado, que se debe, principalmente, al cumplimiento del plan de mantenimiento anual establecido por la empresa, permitió prever fallas en los equipos y como consecuencia obtener un rendimiento eficiente y alargar la vida del equipo. En la tabla 2 se presentan los resultados de la inspección visual realizada.

Tabla 2

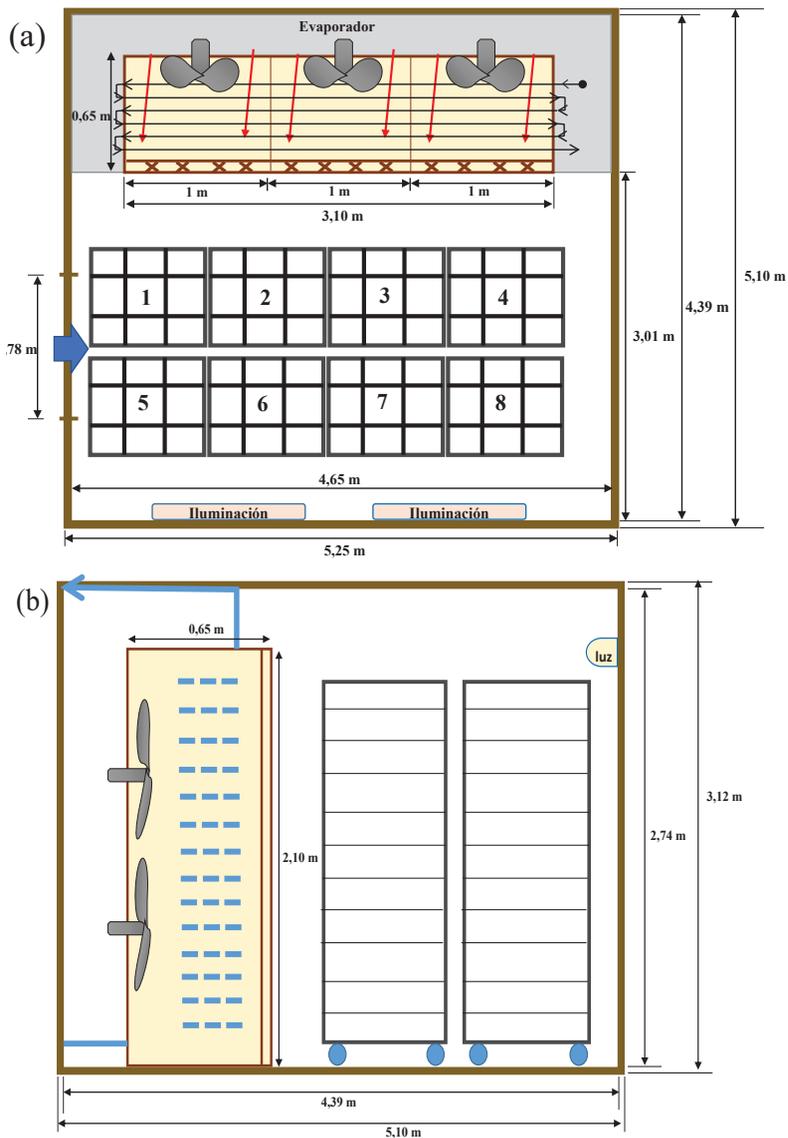
Resultado de la inspección visual y mantenimiento de los componentes principales del túnel de congelación

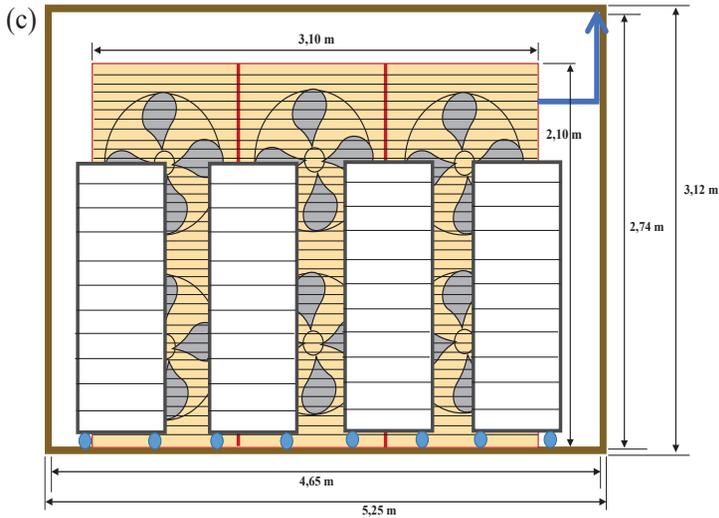
Componentes	Inspección visual
Compresor de tornillo	Trabaja con las presiones de succión y descarga establecidas. Adecuado control en el nivel de aceite y regulado con un presostato.
Condensador evaporativo	Buen estado del serpentín y ventiladores. Los elementos rotatorios (ventilador, motores, etc.) presentan buena lubricación y conservación. Motor con adecuada alimentación eléctrica en voltaje y amperaje.
Evaporador de tubos y aletas	Buen estado del serpentín y ventiladores. Los elementos rotatorios (ventilador, motores, etc.) presentan una correcta lubricación.

Sistema eléctrico	Las conexiones y terminales del circuito integral en perfectas condiciones. Los elementos complementarios del circuito integral limpios y ajustados debidamente.
Aislamientos de tuberías, conexiones y evaporadores	Sin fugas de refrigerante. Adecuada limpieza y no muestra signos de deterioro en el aislamiento de las tuberías, conexiones y evaporadores.

Figura 4

Vistas del túnel de congelación





Nota. (a) Vista de planta. (b) Vista lateral. (c) Vista frontal.

Las dimensiones externas del túnel de congelación fueron medidas y en la figura 4 se presenta la distribución interna del túnel, compuesto por los evaporadores y los ocho coches de congelación utilizados en el proceso.

Los datos técnicos del equipo se pueden ver en la tabla 3. El sistema de refrigeración estaba compuesto por un compresor de tornillo (marca BIZER, modelo HSN75) y un condensador evaporativo (marca CYH, modelo DHL).

Tabla 3

Información de los principales componentes del túnel de congelación de aire forzado

Componentes	Características técnicas
Túnel de congelación	
Dimensiones exteriores	Alto = 3,12 m Ancho = 5,10 m Largo = 5,25 m
Capacidad de congelación máxima	5000 kg/batch
Refrigerante	R-507 Mezcla de R-125/50 % y R-143/50 % ($T_{\text{ebullición}} = -46,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$)
Aislamiento térmico	Paneles de poliuretano de densidad 20 kg/m^3 y espesor 0,25 m
Temperatura del aire en el túnel	$-33 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Temperatura de evaporación	$-40 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Unidad de evaporación	
Evaporador	Marca y modelo: Güntner, MBN 065C/612-EL Temperatura máx./mín. tolerable: 100 °C/-50 °C Presión máx./mín. tolerable: 28 bar/1 bar Volumen: 137 L Flujo de aire: 4,5 m/s
Motoventiladores	Marca y modelo: Güntner, VT01159U Número de motores: 6 motoventiladores Potencia: 3,4 kW c/u Alimentación: 460 V - 60 Hz
Válvulas de expansión termostática	Marca y modelo: Danfoss, TES-12 Temperatura: -40 °C a 10 °C Presión tolerable: 28 bar Número de válvulas: 2
Unidad de condensación	
Compresor de tornillo	Marca y modelo: BITZER, HSN75 Número de motores: 1 compresor Potencia: 75 kW Alimentación: 400 V - 50 Hz
Condensador evaporativo	Marca y modelo: CYH, DHL Número de ventiladores: 2 Potencia de ventilador: 3,5 kW c/u Alimentación: 220 V - 60 Hz
Separador de aceite	Marca y modelo: BITZAER, OA4088
Enfriador de aceite	Marca y modelo: BITZAER, OW941

Con respecto al funcionamiento de los equipos, Ludeña Quiñones (2013) indica que los compresores de tornillo tienen una alta capacidad de enfriamiento debido a que su ciclo de trabajo no es limitado, sino permisible en un 100 %. Se trata de equipos silenciosos, que producen menos vibraciones por lo que no requieren un cuarto independiente para su instalación. Tampoco necesitan mantenimiento y limpieza constante. Todas estas características permiten bajar costos de producción y mantenimiento del equipo.

Así mismo, las ventajas de trabajar con un condensador evaporativo están relacionadas con el ahorro de energía, debido a que la capacidad de condensación está limitada por la temperatura del bulbo húmedo. Su estructura es compacta, ahorra en espacio y costos, y sobre todo posee una tecnología amigable con el medio ambiente porque no lo contamina (Ludeña Quiñones 2013).

En la tabla 4 se presentan los resultados de la velocidad y temperatura del aire y la temperatura en el centro del producto al inicio y final del proceso de congelación.

Tabla 4

Velocidad y temperatura del aire y temperatura inicial y final en el centro del producto tomados en los 40 puntos seleccionados durante el proceso de congelación

Coche de congelación	Velocidad del aire en metros por segundo*	Temperatura inicial en grados centígrados*		Temperatura final en grados centígrados*	
		Producto	Aire	Producto	Aire
1	3,16 ± 0,86	9,34 ± 0,55	14,00 ± 0,04	-18,18 ± 4,43	-33,00 ± 0,50
2	3,46 ± 0,65	9,00 ± 0,59	14,00 ± 0,50	-19,74 ± 3,73	-33,00 ± 0,50
3	3,52 ± 0,75	9,42 ± 0,47	14,00 ± 0,50	-20,10 ± 4,32	-33,00 ± 0,49
4	3,16 ± 0,79	9,00 ± 0,64	14,00 ± 0,47	-18,20 ± 4,19	-33,00 ± 0,50
5	2,90 ± 1,00	9,12 ± 0,62	14,00 ± 0,50	-17,16 ± 4,51	-33,00 ± 0,50
6	3,26 ± 0,74	9,08 ± 0,32	14,00 ± 0,50	-18,62 ± 4,15	-33,00 ± 0,51
7	3,34 ± 0,84	9,08 ± 0,55	14,00 ± 0,53	-19,12 ± 4,53	-33,00 ± 0,50
8	2,92 ± 1,01	9,06 ± 0,65	14,00 ± 0,50	-17,28 ± 4,45	-33,00 ± 0,50

* Los valores de velocidad y temperatura del aire son valores promedio y fueron tomados de 5 puntos diferentes del coche de congelación haciendo un total de 40 puntos de medición. Todas las medidas se realizaron por triplicado.

Con respecto a los resultados de velocidad del aire durante el proceso de congelación, no se evidenció variación significativa entre los valores iniciales y finales. Sin embargo, la velocidad varía significativamente con la distancia entre los ventiladores y los coches de congelación. Efecto que también fue reportado por Valiente Morante (2001).

La velocidad del aire a través de los puntos seleccionados en los coches 1, 2, 3 y 4, cercanos a los ventiladores, presentaron velocidades entre 1,8 y 4,4 m/s, siendo estas mayores que las velocidades encontradas en los coches 5, 6, 7 y 8, que se encontraban más alejados de los ventiladores (1,3 a 4,2 m/s).

Comparando entre los coches más cercanos a los difusores, los coches 2 y 3, ubicados en el centro del túnel, presentaron mayor velocidad (2,5 a 4,4 m/s) que las velocidades en los coches 1 y 4 (1,8 a 4 m/s), ubicados en los extremos del túnel. El mismo análisis es aplicado para las mediciones tomados en los coches 6 y 7 que presentaron mayor velocidad (2,0 a 4,2 m/s) que los tomados en los coches 5 y 8 (1,3 a 3,9 m/s).

También se observó que la velocidad del aire es mayor en la zona baja cercana al piso (3,8 a 4,4 m/s) y menor en la zona alta o cercana al techo (1,3 a 2,6 m/s). Este comportamiento se visualiza en los 8 coches de congelación que están al interior del túnel; con respecto a este comportamiento, Valiente Morante (2001) indica que esta variación de la velocidad del aire se debe al direccionamiento de los deflectores del evaporador y cuando están ubicados con dirección hacia abajo y remueven mayor cantidad de aire en zonas cercanas al piso.

La temperatura inicial del producto a congelar estuvo entre 8 y 10 °C (véase la tabla 4); con respecto a los resultados de la temperatura final del producto congelado, se observó que las mediciones tomadas en los puntos más cercanos a los ventiladores presentaron temperaturas menores (-25,3 a -11,5 °C) que los puntos más alejados (-24 a -10,5 °C); comportamiento que coincide con lo reportado por Melgarejo Moreno (2005) quien afirma que las zonas más cercanas a los ventiladores o difusores presentarán temperaturas menores.

La velocidad del aire tuvo un comportamiento similar al descrito en la temperatura y fue disminuyendo en las zonas cercanas al piso. Al respecto, Melgarejo Moreno (2005) indica que se debe a la circulación de aire, estableciendo que en zonas de mayor velocidad de aire habrá menor temperatura.

Las temperaturas finales del producto congelado al interior del túnel se encuentran entre -25 °C y -11 °C; además, el 60 % de las mediciones registraron temperaturas menores a -18 °C y el 40 % restante registraron temperaturas mayores a -18 °C. Esto refleja una inadecuada circulación del aire en la zona alta de los coches (Villacreses Zambrano, 2009).

Determinación de la capacidad operativa

Para el cálculo de la capacidad operativa del túnel, se utilizaron 5046 kg/batch de perico, la cantidad de producto colocado en cada coche de congelación fue de 630 kg/batch; mientras que en cada uno de los once niveles del coche de congelación fue de 57 kg/batch. Dependiendo del punto de medición de velocidad de aire y temperatura, la cantidad de producto a congelar cambió. Es así como los cuatro primeros puntos localizados en la dimensión vertical del coche de congelación presentaron 114 kg/batch de producto cada uno, mientras que el punto cinco presentó 171 kg/batch de producto. Esta variación en la cantidad de producto se repitió en los 8 coches de congelación estudiados.

En la tabla 5, se observan los resultados de las cargas térmicas provenientes de los factores dependientes para cada uno de los 40 puntos seleccionados durante el proceso de congelación de perico entero eviscerado sin agallas. La sumatoria de estas cargas dio como resultado final 392 815,3 kcal/batch, lo que significa que 392 815,3 kcal es la cantidad de calor que debe retirar el túnel durante el proceso de congelación durante diez horas de trabajo o batch.

Si evaluamos el comportamiento del flujo de calor, se observó que, en los puntos más cercanos a los difusores o ventiladores, se retiró mayor cantidad de calor; esto se reflejó en las mediciones en los puntos de los coches 1, 2, 3 y 4 que presentaron mayores cargas térmicas dependientes (8495,0 kcal/batch a 13 846,1 kcal/batch), que las calculadas en los coches 5, 6, 7 y 8 (8486,5 kcal/batch a 13 806,6 kcal/batch). El total de la carga retirada por el túnel de congelación por concepto del producto fue de 392 815,3 kcal/batch (39 281,5 kcal/h).

Para el análisis de las cargas dependientes entre los puntos del nivel 1 y 5 fue necesario llevar la carga calculada a las mismas condiciones de congelación, debido a que la cantidad de pescado en el punto 5 fue mayor que en los otros niveles. Sin embargo, esta diferencia de masa no afectó el comportamiento del flujo de calor y se observó una mayor capacidad térmica dependiente en los puntos ubicados en las zonas cercanas al piso y menores valores en las zonas altas cercanas al techo. Comportamiento que se observó en los ocho coches de congelación evaluados bajo las mismas condiciones.

Tabla 5

Cargas térmicas dependientes calculadas durante el proceso de congelación de perico entero eviscerado sin agallas

Coche de congelación	Punto de medición					Carga térmica dependiente por coche	
	1	2	3	4	5	kcal/batch*	kcal/h
1	8516,8	8854,9	9020,8	9015,5	13 668,9	49 076,9	4907,7
2	8664,8	8914,2	8886,3	9049,3	13 844,0	49 358,6	4935,9
3	8752,0	8942,3	8981,6	9121,9	13 846,1	49 643,9	4964,4
4	8495,0	8798,4	8874,6	9090,3	13 662,2	48 920,5	4892,1
5	8486,5	8809,9	8821,6	8962,9	13 630,1	48 711,0	4871,1
6	8580,5	8842,5	8902,7	8976,7	13 806,6	49 109,0	4910,9
7	8653,5	8839,0	8967,8	9017,7	13 727,1	49 205,1	4920,5
8	8500,8	8759,6	8863,9	9055,1	13 610,8	48 790,2	4879,0
Carga térmica dependiente total (Qd)						392 815,3	39 281,5

* 1 batch = 10 horas de trabajo del túnel

Por otro lado, Guzmán (2018) señala que la carga térmica dependiente tiene relación directamente proporcional con la velocidad del aire e inversamente proporcional con

la temperatura final del pescado que se desea enfriar. Este comportamiento se justifica considerando que dependiendo de la ubicación o nivel en el que se encuentra el producto, la cantidad de calor que retira o absorbe el evaporador cambian por el efecto de la velocidad del aire; es así que un flujo mayor del aire retira mayor cantidad de calor. Comportamiento que se evidenció en todos los puntos de medición evaluados a las mismas condiciones.

En la tabla 6 se presentan los valores de las cargas térmicas independientes a la congelación de perico entero. Para los cálculos fue necesario considerar los datos técnicos de los principales componentes del túnel de congelación (véase la tabla 3) y algunos datos técnicos sugeridos por Dossat (2009) y Palomo Cano (2017).

La carga de calor referido a la transmisión por conducción representó solo el 1,24 % del total de la carga independiente y dependió de los coeficientes de convección del aire externo, del espesor y conductividad térmica de los materiales de la pared. Por otra parte, la carga de calor por renovación del aire dependió del número de renovaciones del aire al día a temperaturas menores de 0 °C (Dossat, 2009) y representó 3,34 % (709,5 kcal/h) de la carga total. El cálculo de las entalpías del aire interno y externo se realizó en una carta psicrométrica a bajas temperaturas y a temperatura normal utilizando los datos de humedad relativa y temperatura reportados.

Tabla 6

Cargas térmicas de factores independientes al proceso de congelación de perico entero eviscerado sin agallas

Carga térmica independiente		kcal/batch*	kcal/h
Calor por conducción (Q_c)		2626,1	262,6
Por las paredes	1443,6		
Por el techo	594,7		
Por el piso	587,8		
Calor por renovación del aire (Q_r)		7095,0	709,5
Calor disipado por personas trabajando (Q_p)		661,0	66,1
Calor por iluminación (Q_i)		206,0	20,6
Calor disipado por los motores eléctrico (Q_m)		201 780,0	20 178,0
Carga térmica independiente total (Q_{ind})		209 742,0	20 974,2

* 1 batch = 10 horas de trabajo del túnel

La carga de calor disipado por personas trabajando fue 66,1 kcal/h (1189,2 kcal/día) y fue calculada teniendo en cuenta el tiempo que 1 persona manipuló el producto al interior del túnel de congelación durante las 18 horas al día de funcionamiento. Se consideró que el calor liberado por persona (fp) a temperatura de $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ fue de 396,4 kcal/h (Dossat, 2009).

La menor carga independiente fue la obtenida por el calor por iluminación 20,6 kcal/h y representó el 0,10 % de la carga total. Esta cantidad de calor fue desprendido por las cuatro luminarias de 36 W cada una, que trabajaron durante las 18 horas de funcionamiento del túnel, y se consideró que cada luminaria aportaba 0,86 kcal/Wh (Dossat, 2009).

En contraparte, la mayor carga térmica fue producida por el calor disipado por los motores eléctricos al interior del túnel y representó el 95 % de la carga total. Para su cálculo se tomó en cuenta la potencia del motor del ventilador 3,4 kW (4,56 hp) que, de acuerdo con Dossat (2009), equivale a 2950 Btu/hph (737,5 kcal/hph).

La capacidad operativa real del túnel de congelación fue de 60 518,3 kcal/h (77,2 kW) y representó la capacidad necesaria del compresor del túnel para comprimir cierta cantidad de masa del refrigerante R-507 que cambia de estado en el evaporador durante el proceso de congelación.

De acuerdo con los datos técnicos del fabricante, la capacidad operativa de diseño o teórica fue de 75 kW, este valor hace referencia a la potencia máxima que el túnel de congelación debe operar para lograr que todo el producto alcance una temperatura final en el centro térmico inferior a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

La diferencia de capacidades operativas indica que el túnel de congelación estuvo sobrecargado de producto, razón por la cual el tiempo de congelación para piezas de pescado de aproximadamente 10 cm de espesor fue de 10 horas. Al respecto, Johnston et al. (1994) reportan que un producto entre 10 y 12,5 cm de espesor, debería demorar en congelar a temperaturas entre $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, entre 5 a 6 horas como máximo. Asimismo, mencionan que es necesario considerar la velocidad y la temperatura final de congelamiento, así como los parámetros del proceso de transferencia de calor, sistema de refrigeración y condiciones de funcionamiento del equipo.

Finalmente, es importante mencionar que el tiempo de congelación puede calcularse y puede ser bastante preciso para productos de forma uniforme, como bloques de filetes; pero para productos de forma irregular, modalidades para empaquetar y otros factores hacen que el cálculo sea difícil e inseguro. Sin embargo, si se asume que el pescado se enfrió antes de congelar y que todo el calor es extraído a la temperatura de congelación inicial; los tiempos de congelación calculados solo deben usarse para dar una aproximación de la figura verdadera y no deberían utilizarse para diseñar equipos de congelación.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El túnel de congelación de la empresa de servicios pesqueros fue instalado con una capacidad de diseño de 75 kW; sin embargo, la capacidad real o capacidad operativa fue de 77,2 kW (66 570,1 kcal/h). Esta diferencia indicaría que el túnel está trabajando por encima de su máxima capacidad de enfriamiento y se está sobrecargado de producto.

La distribución de la velocidad del aire al interior del túnel de congelación, así como la temperatura en el centro del producto, no fue uniforme y dependieron de la ubicación de los ventiladores. Este comportamiento trajo como consecuencia un mayor tiempo de permanencia del producto en el túnel.

La sobrecarga de producto y las variaciones de velocidad y temperatura del aire también afectaron al cálculo de las cargas térmicas, encontrándose que el 59 % de la cantidad de calor retirada por el túnel, durante las 10 horas de trabajo, provino de factores vinculados con el producto a congelar

La metodología utilizada en este trabajo de investigación puede extrapolarse y ser aplicada para el cálculo de la capacidad operativa de cualquier equipo de congelación, teniendo en cuenta la materia prima y las características específicas de los equipos a evaluar.

Es necesario realizar estudios complementarios y el uso de *software* adecuado para mejorar la metodología empleada y definir con mayor precisión las cargas térmicas de los equipos a evaluar.

REFERENCIAS

- Binaggia Coto, A. (2007). *Manual de operaciones del sistema de refrigeración con amoníaco de la empresa productos EFE, S. A.* [Tesis de grado, Universidad Simón Bolívar]. <https://silo.tips/download/universidad-simon-bolivar-decanato-de-estudios-profesionales-coordinacion-de-ing-57>
- Carreño Barrera, P. F., & Jadán Lucero, C. M. (2013). *Estudio del comportamiento termodinámico del refrigerante.* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4803/1/UPS-CT002646.pdf>
- Céspedes Urrutia, R. S. (2012). *Sistema de refrigeración con capacidad de bodega para almacenar 300 kg de pescado* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/1264>
- Dossat, R. J. (2009). *Principio de refrigeración.* Grupo Editorial Patria.

- Guzmán, W. (2018). *Diseño de planta piloto de refrigeración industrial y de estrategia de control* [Tesis de grado, Universidad de Piura]. <https://hdl.handle.net/11042/3308>
- Huertas Samayoa, Z. J. (2013). *Diseño de sistema frigorífico para control de la maduración de una carga de plátanos* [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0774_M.pdf
- Johnston, W. A., Nicholson, F. J., Roger, A., & Stroud, G. D. (1994). *Freezing and refrigerated storage in fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper 340. FAO.
- Lucas Hidalgo, G. (2016). *Dimensionamiento y selección de un túnel de congelación para el procesamiento de banano (Musa sapientum) con Paleta* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <https://es.scribd.com/document/377954469/D-CD88308>
- Ludeña Quiñones, F. M. (2013). *Diseño de un congelador de maíz entero con capacidad de 100 kg/hr* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/5368>
- Melgarejo Moreno, P. (2005). *Cámaras frigoríficas y túneles de enfriamiento rápido*. AMV Ediciones.
- Ordóñez Muñoz, J. C. (2006). *Preparación y almacenamiento de productos congelados* [Tesis de grado, Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmficio.65p/doc/bmficio.65p.pdf>
- Palomo Cano, M. (2017). *Aislantes térmicos. Criterios de selección por requisitos energéticos* [Trabajo fin de grado, Universidad Politécnica de Madrid]. https://oa.upm.es/47071/1/TFG_Palomo_Cano_Marta.pdf
- Pham, Q. T. (1984). Extension to Planck's equation for predicting freezing times of foodstuffs of simple shapes. *International Journal of Refrigeration*, 7(6), 377-383. [https://doi.org/10.1016/0140-7007\(84\)90008-2](https://doi.org/10.1016/0140-7007(84)90008-2)
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2015). Normas internacionales de refrigeración y aire acondicionado. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27218/7739IntStandardsRAC_SP.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Ramakrishnan, S., Wysk, R. A., & Prabhu, V. V. (2004). Prediction of process parameters for intelligent control of tunnel freezers using simulation. *Journal of Food Engineering*, 65(1), 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.05.001>
- Santos, C., Carciofi, B., Dannenhauer, C., Hense, H., & Laurindo, J. (2007). Determination of heat transfer coefficient in cooling-freezing tunnels using experimental time-temperature data. *Journal of Food Process Engineering*, 30(6), 717-728. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2007.00121.x>

- Seitz Ling, N. S. (2008). *Factibilidad del enfriamiento rápido continuo para fruta fresca*. [Tesis de grado, Universidad de Chile]. https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103141/seitz_nl.pdf
- Valiente M., O. (2001). *Refrigeración y congelado de pescado*. Editorial Ciencia y Tecnología.
- Vélez Navia, D. A. (2011). *Diseño de un túnel de congelamiento discontinuo para pescado en la empresa El Dorado en el cantón Esmeraldas* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1969>
- Villacreses Zambrano, S. M. (2009). *Optimización de un proceso de congelación en Patacón Congelado IQT* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <https://es.scribd.com/document/213644766/Optimizacion-de-un-Proceso-de-Congelacion-en-Patacon-Tesis>
- Widell, K. N. & Eikevik, T. (2010). Reducing power consumption in multi-compressor refrigeration systems. *International Journal of Refrigeration*, 33(1), 88-94. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2009.08.006>

PLANEACIÓN DE LAS CAPACIDADES DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN DE MUEBLES EN CUBA

AILEN ESTEVEZ TORRES*

<https://orcid.org/0000-0002-4337-0250>

ALEXEY MEGNA ALICIO

<https://orcid.org/0000-0001-6714-0452>

MARÍA DE LOS ÁNGELES CAMPOS FERNÁNDEZ

<https://orcid.org/0000-0002-4591-8179>

GEINIER BARBARO RAMÍREZ CAMEJO

<https://orcid.org/0000-0002-8281-7115>

RAFAEL EDUARDO JARDINES RIVAS

<https://orcid.org/0000-0002-9771-6544>

Universidad de Las Tunas, Facultad de Ciencias Técnicas y Agropecuarias,
Las Tunas, Cuba

Recibido: 3 de febrero del 2022 / Aprobado: 7 de marzo del 2022

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n42.5861>

RESUMEN: La presente investigación fue realizada en la Unidad Empresarial de Base (UEB) de Muebles Ludema de Las Tunas, Cuba. Tuvo como objetivo la aplicación de un procedimiento para la planeación de las capacidades de producción de muebles para habitaciones de hoteles. Para el desarrollo de la investigación se utilizaron los métodos de observación directa, histórico-lógico, hipotético-deductivo y análisis-síntesis, así como las técnicas de revisión documental y cronometraje a operaciones, además del muestreo por observaciones instantáneas, con el fin de recoger la mayor cantidad de información. Mediante el estudio se observó que la fábrica tiene limitaciones en sus capacidades productivas para enfrentar las demandas existentes, por lo que deberá determinar la capacidad de cada una de las actividades para alcanzar mejores resultados en la producción.

PALABRAS CLAVE: producción / planeación / capacidad / mejora continua / Muebles Ludema

* Correos electrónicos en orden de aparición: ailenet@ult.edu.cu; alexeyma@ult.edu.cu; mariacf@ult.edu.cu; geinierrc@ult.edu.cu; rafaeljr@ult.edu.cu

PLANNING OF THE PRODUCTION CAPACITIES OF A FURNITURE PRODUCTION COMPANY IN CUBA

ABSTRACT: : This study was carried out at the Unidad Empresarial de Base (UEB) of Muebles Ludema in Las Tunas, Cuba. Its objective was to apply a planning procedure to the company's production capacities of hotel room furniture. Research was carried out using direct observation, historical-logical, hypothetical-deductive, and analysis-synthesis methods, observation techniques, documentary review, timing of operations, and sampling by instantaneous observations to collect as much information as possible. The research revealed that the factory's productive capacities are insufficient to face current demands, so the company should determine each productive activity's capacity to achieve better production results.

Keywords: production / planning / capacity / continuous improvement / Muebles Ludema

1. INTRODUCCIÓN

El mundo empresarial moderno está caracterizado por un alto nivel competitivo, donde se busca obtener, constantemente, niveles de excelencia superiores a través de la mejora continua con el fin de asegurar una posición en el mercado. Por ello, se hace necesario un correcto desarrollo de las actividades que puedan considerarse claves dentro de los procesos tanto productivos como de servicios (Estevez Torres, 2019).

El desarrollo industrial ha traído aparejado el crecimiento de la competencia a nivel mundial, la apertura de fronteras y mercados, las exigencias crecientes de los consumidores, el incremento de opciones de productos con alto valor agregado, la forma de su presentación, la especialización en su aprovisionamiento, distribución y transporte, la tecnología, entre otras variables, que obligan a las organizaciones a encontrar mejores y ágiles maneras de manejar el flujo físico de la materia prima, componentes, materiales, producto final y flujo de información desde la fuente del proveedor hasta el cliente final.

Según plantea Estevez Torres (2019), la actividad productiva se ve afectada por las limitaciones impuestas por la capacidad disponible de los recursos máquina y mano de obra; por ello, la formulación de la estrategia de ampliación de la capacidad, junto con los procesos de planeación y programación de las capacidades productivas se muestran como una de las temáticas más atractivas para la gestión de las operaciones

Chase et al. (2005) y Domínguez Machuca et al. (1995) establecen que la gestión de la capacidad de producción y las decisiones que conllevan a su desarrollo deben dirigirse desde el nivel directivo de la organización; otros como Slack y Lewis (2017) y Heizer y Render (2015) coinciden en que las decisiones de capacidad pueden analizarse desde tres niveles o tres horizontes de tiempo: corto plazo, mediano plazo y largo plazo.

Para autores como Domínguez Machuca et al. (1995), Paredes Roldán (2001), Londoño Arboleda (2014) y Estevez Torres (2019) la determinación de las capacidades de producción es un elemento esencial en la gestión empresarial y en la planificación de la producción.

Torres y Urquiaga (2007) aseveran que es necesario para elevar la rentabilidad, promover planes de cooperación, establecer grados de cooperación del proceso y orientar los planes de desarrollo de nuevos productos y de la tecnología.

Una mala planificación de las capacidades llevaría a una subutilización de los recursos de la empresa o, en el peor de los casos, el incumplimiento de plazos de entrega y esto, a su vez, a la pérdida de clientes (Sixto-Pérez et al., 2021).

La Unidad Empresarial de Base (UEB) de Muebles Ludema, ubicada en la provincia de Las Tunas, Cuba, se dedica fundamentalmente a la producción de muebles para otras empresas y para hoteles. En un preliminar diagnóstico, se constató que existe

inestabilidad en el indicador volumen de producción y que se desconoce la capacidad real de la fábrica, por lo que, en ocasiones, se pierden contratos; incluso, se incumple con los cronogramas de entrega.

Del total de producciones en el año 2017, el 23 % fue destinado al sector turismo. Se conoce por la revisión de documentos en la empresa que el turismo no es su principal línea de negocio, pues el segmento de ventas de mobiliario de oficina es de un 68 %. La producción para el sector turismo demanda mayor complejidad, pues, en muchas ocasiones, son diseños exclusivos y su fabricación es de una sola pieza.

Mediante la revisión de estudios realizados en la Unidad Empresarial de Base (UEB), se constató que Oliva Gómez (2010) recomienda la aplicación de un procedimiento para determinar la capacidad de la producción de sillas de restaurante. Cobas Marrero (2017) destaca realizar un análisis de las capacidades productivas en las diferentes actividades de la UEB. Pavón Ortega (2017) aconseja realizar estudios de organización de la producción y propone analizar el proceso de planificación de la producción en el cual se detectaron insuficiencias, además de aplicar herramientas de ingeniería para determinar la secuencia óptima y el tiempo total de procesamiento de la producción. Unido a esto, se conoció por la Empresa Industria Cubana del Mueble, DUJO (2020a, 2020b, 2020c) que la expansión del sector turístico tiene una proyección de 30 000 habitaciones para los próximos 5 años.

Toda esta revisión permitió identificar como problema que las insuficiencias en la planeación de las capacidades de producción limitan la adecuada gestión de la producción a largo palzo.

Por lo anterior se decidió aplicar un procedimiento para planear la capacidad de producción de mobiliario para el turismo. Para ello se empleó el propuesto por Estevez Torres et al. (2021). Este procedimiento se basa en el ciclo de Deming (o de mejora continua) y tiene en cuenta el análisis del mercado para proyectar la planeación como aspecto significativo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un análisis de la empresa y su sistema de producción según Acevedo Suárez et al. (2002), el cual propone clasificar un sistema de producción de acuerdo con la relación productor-consumidor, la forma de ejecutar la producción y el elemento a optimizar. Además, plantea la necesidad de hacer un análisis morfológico hacia el interior y el exterior del sistema de producción. Todo esto permite comprender mejor el entorno de la empresa.

Numerosos son los autores que han aportado procedimientos para la planificación de la producción y, específicamente, la planificación, determinación y cálculo de las

capacidades. Se realizó una búsqueda detallada y se encontraron 7 procedimientos que tratan este tema. Para su selección, se consultó con un grupo de expertos sobre las variables que no debían faltar, ellos coincidían en un 91 % en las variables que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1

Variables para tener en cuenta en la selección del procedimiento

n.º	Variable
1	Tipo de producción homogénea
2	Tipo de producción heterogénea
3	Análisis de los proveedores
4	Análisis de la demanda
5	Cálculo de las capacidades actuales
6	Nivel de utilización de la capacidad
7	Análisis de los factores que determinan la capacidad
8	Comparación entre la demanda y la capacidad o aplicación de la matriz correspondiente
9	Definición de una estrategia
10	Definir acciones de la estrategia
11	Valoración de las acciones propuestas
12	Aplicación
13	Control

Nota. Adaptado de *Procedimiento para la planeación de las capacidades de producción. Caso de estudio muebles de habitaciones para el turismo en la UEB Muebles Ludema* [Tesis de maestría, Universidad de Las Tunas, Cuba], por A. Estevez Torres, 2019.

Tabla 2

Análisis de los procedimientos consultados

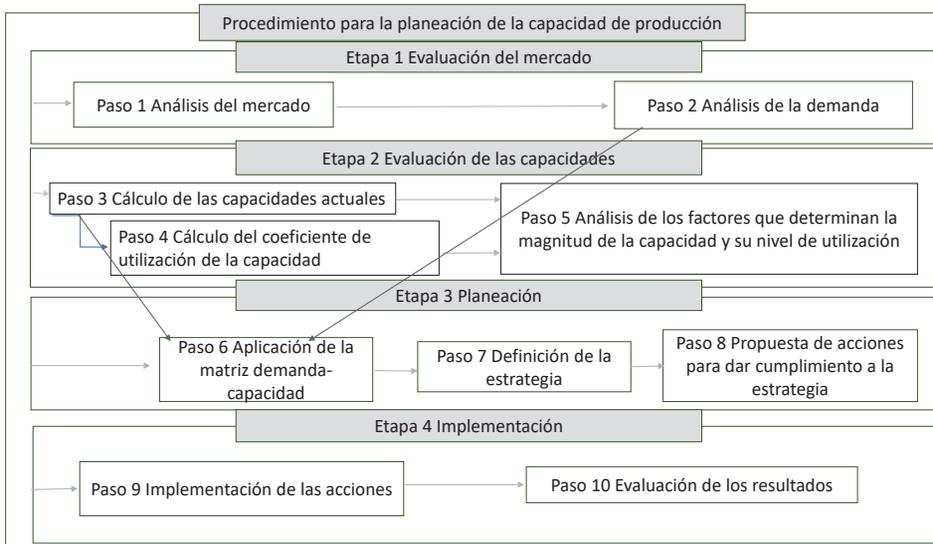
Estudio	Variables													Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Domínguez Machuca et al. (1995)	X	X		X	X			X		X	X	X	X	9
Acevedo Suárez et al. (2002)		X			X	X	X							4
Izarga Curbelo (2009)		X									X	X		3
Oliva Gómez (2013)	X				X									2
Paredes Medina (2013)	X	X		X			X		X	X	X	X		8
Hayes y Wheel Wright (1984)				X	X				X	X	X			5
Estevez Torres et al. (2021)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13
Total	4	5	1	4	5	2	3	2	3	4	5	4	2	

En la tabla 2 se hace evidente que el procedimiento más completo es el de Estevez Torres et al. (2021) porque cuenta con las 13 variables necesarias. Este procedimiento se diseñó teniendo en cuenta las debilidades encontradas en los procedimientos analizados y las características de la empresa donde se pretende aplicar.

El procedimiento consta de cuatro etapas y diez pasos, los cuales se muestran en la figura 1.

Figura 1

Procedimiento para la planeación de las capacidades de producción



Nota. De Propuesta de un procedimiento para la planeación de las capacidades de producción de una empresa, por A. Estevez Torres, A. Megna Alicia, R. E. Jardines Rivas, I. C. Parra García, E. León-Parra y G. Jimenez Silva, 2021, *Ingeniería Industrial*, (40), p. 70 (<https://doi.org/10.26439/ing.ind2021.n40.4861>).

3. RESULTADOS

A continuación, se analiza la empresa teniendo en cuenta la descripción y clasificación de su sistema de producción para mobiliario del sector turismo, luego se muestran los resultados obtenidos y se aplica el procedimiento para la planeación de las capacidades en la Unidad Empresarial de Base de Muebles Ludema.

3.1 Análisis de la empresa

Muebles Ludema surge el 1 de enero de 1974 como una empresa de muebles escolares. Está ubicada en la Carretera Central S/N, km 2½ Oeste, en el municipio Las Tunas en

Cuba. La UEB Muebles Ludema tiene como objeto social producir y comercializar muebles de todo tipo, producciones derivadas de la madera, así como colchones y almohadas.

Teniendo en cuenta el objeto social de la empresa, se aplica el procedimiento para la planeación de las capacidades de producción de mobiliario para el segmento del turismo en la UEB Muebles Ludema.

Tabla 3

Morfología del sistema de producción de la UEB Muebles Ludema

Factores externos	
Relación demanda-capacidad	Mayor que 1
Cantidad de consumidores	Muchos
Tendencias en el diseño en relación con la demanda	Muy cambiante
Factores internos	
Tipo de producción	Unitaria
Duración del ciclo de producción	Mediano
Precio del artículo	Medio
Grado de preparación y ajuste	Despreciable
Conservación del producto	Producto no perecedero
Complejidad del producto	Grande
Magnitud del producto	Medio
Medios para el movimiento del material	Flexible
Calificación media de operarios	Media
Mantenimiento de los equipos	Normal

Nota. Adaptado de *Fundamentos teóricos sobre gestión de la producción*, por L. Torres y A. J. Urquiaga, 2005, Editorial Félix Varela.

Tabla 4

Clasificación del sistema de producción de Muebles Ludema

Clasificación del sistema de producción	
Relación productor-consumidor	Entrega directa con cobertura en el ciclo de entrega
Forma de ejecutar la producción	Por pedido
Elemento a optimizar	Utilización de la capacidad

Nota. *Fundamentos teóricos sobre gestión de la producción*, por L. Torres y A. J. Urquiaga, 2005, Editorial Félix Varela.

3.2 Etapa 1. Evaluación del mercado

— Paso 1. Análisis del mercado

a) Clientes

Según la Agencia Cubana de Noticias (2018), José R. Daniel Alonso, director general de Desarrollo, Inversiones y Negocios del Ministerio de Turismo de Cuba, planteó que se proyecta la construcción de 9 hoteles en La Habana; además, que de los 140 proyectos que contempla el portafolio del Ministerio de Turismo para la inversión extranjera, 34 están relacionados con la constitución de empresas mixtas para el desarrollo de nuevas capacidades hoteleras y villas de alto estándar en territorios con preferente uso turístico, como Cienfuegos (dos hoteles), Camagüey (cuatro hoteles), Las Tunas (seis hoteles) y Holguín (diez hoteles).

Se conoce además que la Isla de Cuba posee actualmente 65 000 habitaciones en hoteles, para enfrentar el *boom* de visitantes extranjeros, que para el año 2022 espera superar los 5 millones de turistas, para lo cual el país proyecta edificar 224 nuevas instalaciones hoteleras con 103 000 habitaciones para 2030. Lo cual implicaría un total de 168 000 habitaciones para el 2030.

b) Competencia

En Cuba existen 3 empresas que producen mobiliario para el mercado hotelero, ellas son: Empresa de Producciones Varias PROVARI, con producciones para restaurantes, hoteles y otras instituciones; Fondo Cubano de Bienes Culturales, que produce para el turismo de forma general, y la Empresa Industria Cubana del Mueble, DUJO, cuyo nombre comercial es Muebles DUJO y a la cual pertenecen 4 fábricas, entre las cuales está Muebles Ludema. En un análisis del perfil competitivo mediante la matriz del mismo nombre se obtuvo el siguiente resultado que se muestra en la tabla 5, donde se aprecia la ventajosa posición en el mercado que posee la empresa. Unido a los datos ofrecidos por la Empresa Industria Cubana del Mueble DUJO (2020b) se asume el 85 % de la demanda.

Tabla 5*Matriz del perfil de la competencia*

Factores críticos para el éxito	DUJO		PROVARI		Fondo Cubano de Bienes Culturales		
	Peso	Calificación	Calificación ponderada	Calificación	Calificación ponderada	Calificación	Calificación ponderada
Participación en el mercado	0,1	10	1,0	3	0,3	4	0,4
Competitividad de precios	0,1	9	0,9	9	0,9	5	0,5
Posición financiera	0,1	10	1,0	5	0,5	6	0,6
Calidad del producto	0,3	9	2,7	6	1,8	5	1,5
Lealtad del cliente	0,2	9	1,8	5	1,0	7	1,4
Cualificación del personal	0,2	7	1,4	2	0,4	4	0,8
Total	1	54	8,8	30	4,9	31	5,2

Nota. Adaptado a partir de criterio de expertos.

Al aplicar la matriz Mckinsey, se conoce que el nivel de atracción del mercado es 3,81 lo cual se considera alta como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6*Perfil de atracción del mercado*

Oportunidad de negocio				
Factor	Peso en porcentaje	Calificación	Valor	
Atracción del mercado	1. Tamaño de mercado en general	10	5	0,50
	2. Crecimiento promedio anual	11	4	0,44
	3. Niveles de satisfacción del cliente	15	4	0,60
	4. Competencia, Intensidad, Cantidad	25	4	1,00
	5. Requerimientos Tecnológicos	10	4	0,40
	6. Vulnerabilidad/Sensibilidad a la economía	15	3	0,45
	7. Tendencias de financiamiento tecnológico	14	3	0,42
	100		3,81	

Posteriormente, se analiza el perfil de posición competitiva que resultó de 3,75 lo cual se considera como alto (véase la tabla 7).

Tabla 7

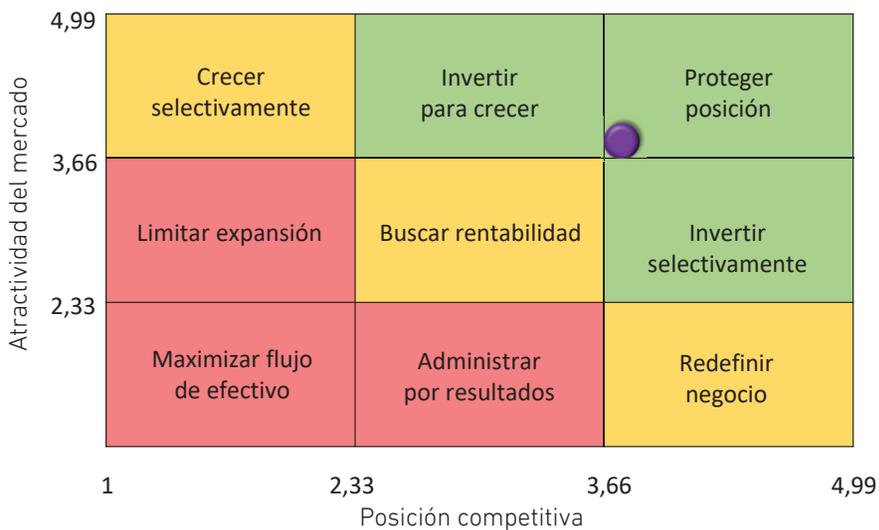
Posición competitiva de la empresa en el mercado

		Oportunidad de Negocio		
Factor		Peso en porcentaje	Calificación	Valor
Atracción del mercado	1. Posición de mercado	5	5	0,25
	2. Crecimiento del mercado	10	5	0,50
	3. Variedad de la oferta	15	5	0,75
	4. Reputación de la marca	20	4	0,80
	5. Socios de negocios	10	3	0,30
	6. Conocimiento del mercado	10	4	0,40
	7. Capacidad de entrega	5	3	0,15
	8. Imagen del mercado	15	2	0,30
	9. Estructura organizacional	10	3	0,30
		100		3,75

Con la unión de estos dos perfiles se realiza la matriz Mckinsey la cual se muestra en la figura 2.

Figura 2

Matriz McKinsey



La empresa Muebles Ludema se encuentra en el cuadrante “Proteger posición”, pero en los límites con “Invertir para crecer” e “Invertir selectivamente”. Hay que tenerlo en cuenta para tomar la decisión final.

c) Proveedores

La empresa Muebles Ludema tiene como principales proveedores a Comercial DUJO, MAPRINTER, Comercial MATCO, MAQUINPORT, IMECO, METACUBA, CUBACONTRON, quienes proveen madera, pinturas, lijas, pegamentos de diferentes tipos, tejido, espuma, hilo y otros. Según un análisis realizado por la dirección de la organización Muebles DUJO (2020a, 2020b), ellos podrían asumir un aumento de la demanda en un 70 %. Por lo cual, si la empresa Muebles Ludema decide que es necesario aumentar la producción, no se verá limitada por sus proveedores.

— Paso 2. Análisis de la demanda

Según datos ofrecidos en el balance nacional del año 2021, de la Empresa Industria Cubana del Mueble, se pretende que para el año 2022 se desarrollen 15 proyectos para el sector turístico con 3499 habitaciones por un valor de 6 875 941,33 pesos cubanos (véase tabla 8).

De las 11 unidades empresariales de base, correspondiente a la Empresa Industria Cubana del Mueble, las ventas de la UEB Muebles Ludema representan el 20,8 % de las ventas totales de la empresa y la proyección para el 2022 de la UEB Ludema se comporta de la siguiente manera.

Tabla 8

Proyectos de la UEB Muebles Ludema comparados con los de la Empresa Industria Cubana del Mueble DUJO

Año	Total de proyectos con el sector turismo			Total de habitaciones			Valor en CUC		
	DUJO	UEB Ludema	%	DUJO	UEB Ludema	%	DUJO	UEB Ludema	%
2022	15	5	33,3	3499	1111	31,8	6 875 941,33	2 091 197,8	30,4

Con lo anterior, se puede afirmar que esta es una UEB líder en la empresa.

De los clientes de la Empresa Industria Cubana del Mueble, la UEB Muebles Ludema solo puede satisfacer el 33,3 % (véase tabla 8) debido a su capacidad, aun cuando es una de las más grandes del país. Si la empresa no pudiera cumplir con la

demanda de muebles, el país tendría que importar, lo cual duplicaría y, en ocasiones, triplicaría su precio.

Tabla 9

Demanda de producción de muebles (habitaciones)

Total de habitaciones de hoteles en 2030	Demanda de muebles de habitaciones para DUJO	A construir o reparar por Muebles Ludema 33,3 %	A construir anualmente entre 2020-2030
168 000	142 800	47 124	3927

Esto quiere decir que para satisfacer la demanda proyectada hasta el 2030, la UEB tendría que aumentar más de tres veces su plan actual (véase tabla 9).

Se debe tener en cuenta que todos los hoteles tienen diseños diferentes, pero de manera general toda habitación cuenta con: dos mesas de noche, un respaldo o cabecero de cama, una mesa para desayuno con sus dos sillas, un minibar, un maletero, un mueble escritorio, un tocador, una silla para escritorio, un clóset o armario, una zapatera, un gavetero o cómoda. Entonces, sería necesario producir anualmente las cantidades anotadas en la tabla 10.

Tabla 10

Cantidades de muebles a producir según la demanda

Mueble	Cantidad	Mueble	Cantidad
Mesas de noche	7854	Minibar	3927
Respaldo de cama	3927	Maletero	3927
Mesa para desayuno	3927	Mueble escritorio	3927
Sillas para desayuno	7854	Tocador	3927
Silla para escritorio	3927	Zapatera	3927
Clóset o armario	3927	Gavetero	3927

3.3 Etapa 2. Evaluación de las capacidades

— Paso 3. Cálculos de las capacidades actuales

Para el cálculo de las capacidades se tuvo en cuenta los 7 principios expuestos por Torres y Urquiaga (2007) donde el séptimo principio plantea que “El cálculo de la capacidad de producción de la empresa o proceso se realiza por su taller o agregado considerado como fundamental”.

En la UEB Muebles Ludema, el taller de acabado constituye el punto fundamental pues es donde se requiere de mayores costos en inversión para ampliar la capacidad y concentra la mayor cantidad de fuerza de trabajo en correspondencia con lo planteado por Torres y Urquiaga (2007).

Se estudiaron los tres procesos fundamentales del taller, que son: la lija manual, la lija mecánica y la pintura.

La capacidad del punto fundamental coincide en todos los surtidos con el proceso 2 (lija manual) y es de 6262 habitaciones, pues este proceso es donde se logra la mayor producción¹.

El punto limitante coincide en todos los surtidos con la capacidad del proceso 3 (la pintura). Por lo tanto, teniendo en cuenta los muebles que componen la habitación, la fábrica tiene capacidad para amueblar 2561 habitaciones en condiciones ideales.

Pero como ningún sistema trabaja en condiciones ideales, debido al aprovechamiento de la jornada laboral, el índice de ausentismo, la fluctuación del personal, las roturas imprevistas, se estima que el fondo de tiempo se aprovecha en un 88 %. Luego, la capacidad real de la fábrica es de 2253 habitaciones. El coeficiente de pérdidas fue del 59 % debido a la falta de armonización del flujo de producción

— Paso 4. Cálculo del coeficiente de utilización de la capacidad

$$\text{Utilización de la capacidad} = \frac{\text{capacidad utilizada}}{\text{capacidad disponible}} \times 100$$

$$\text{Utilización de la capacidad} = \frac{1111}{2253} \times 100$$

$$\text{Utilización de la capacidad} = 49 \%$$

— Paso 5. Analizar los factores que determinan la magnitud de la capacidad y su nivel de utilización (método de expertos)

Para analizar los factores que determinan el nivel de utilización de la capacidad se aplicaron varias técnicas, entre ellas la observación directa, las entrevistas y el método de expertos Delphi, para lograr concordancia entre los expertos.

1 El punto fundamental es el proceso que tiene la mayor capacidad dentro del sistema analizado (Torres y Urquiaga, 2007).

Se analizaron 27 factores por 9 expertos, de esos factores fueron eliminados 4 por el criterio de los expertos. Existió concordancia entre los expertos medida a través del coeficiente de Kendall.

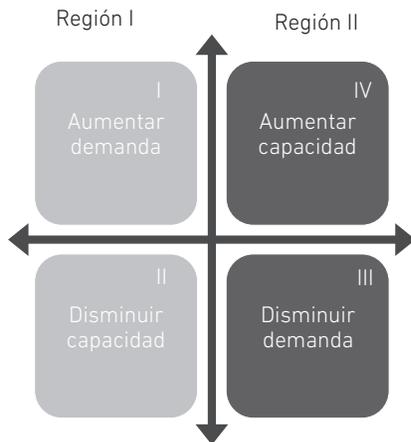
3.4 Etapa 3. Planeación

— *Paso 6. Aplicar la matriz demanda-capacidad*

Como $\frac{\text{demanda}}{\text{capacidad}} = \frac{3927}{2253} = 1,74 > 1$, encontramos que estamos en la región II, de acuerdo con la figura 3, y la estrategia a seguir pudiera ser ampliar la capacidad o disminuir la demanda.

Figura 3

Matriz demanda-capacidad



Nota. De Propuesta de un procedimiento para la planeación de las capacidades de producción de una empresa, por A. Estevez Torres, A. Megna Alicia, R. E. Jardines Rivas, I. C. Parra García, E. León-Parra y G. Jimenez-Silva, 2021, *Ingeniería Industrial*, (40), p. 68 (<https://doi.org/10.26439/ing.ind2021.n40.4861>).

— *Paso 7. Definir la estrategia*

Como el posicionamiento en el mercado es alto y en el resultado de la aplicación de la matriz Mckinsey la empresa se encuentra en una posición en la cual tiene que invertir para mantener la posición y lograr ventajas respecto a la competencia, se aplicaron las matrices MEFI (véase tabla 11) y MEFE (véase tabla 12), a partir de las cuales se construyó una matriz cuantitativa para valorar estrategias (véase tabla 13) elaborada a partir de las estrategias a seguir. Se obtuvo como resultado aumentar la capacidad.

Para ello se puede actuar sobre 3 factores: invertir en el puesto que constituye el cuello de botella, cambiar el régimen de trabajo o especializarse en el mercado en cuestión.

Tabla 11

Matriz de evaluación de factores internos

Matriz MEFI			
UEB Muebles Ludema			
Factores	Peso en porcentaje	Calificación	Calificación ponderada
Debilidades	36		
Inversión en investigación y desarrollo	14	1	0,14
Baja inversión en publicidad	10	2	0,2
Falta del plan global de crecimiento	12	1	0,12
Fortalezas	64		
Talento humano calificado	15	3	0,45
Experiencia en el sector	19	4	0,76
Buen servicio al cliente	13	4	0,52
Calidad del producto	16	3	0,48
Competitividad de precios	17	3	0,51
Totales	100		3,18
Calificar entre 1 y 4	4	Fortaleza mayor	
	3	Fortaleza menor	
	2	Debilidad menor	
	1	Debilidad mayor	

Luego de analizar los resultados anteriores, se concluye que como la puntuación fue $3,18 > 2,5$, entonces la empresa tiene como fortaleza su experiencia en el sector de producción de muebles lo cual le permite afrontar la baja publicidad.

Tabla 12

Matriz de evaluación de factores externos

Matriz MEFE			
UEB Muebles Ludema			
Factores	Peso en porcentaje	Calificación	Calificación ponderada
Amenazas	29		
Altos costos por nueva tecnología	29	1	0,29
Oportunidades	71		
Demanda ascendente	23	4	0,40
Políticas que favorecen el mercado	11	4	0,44
Alta participación en el mercado	20	4	0,80
Posición financiera	17	4	0,68
Totales	100		2,61
Calificar entre 1 y 4	4	Oportunidad mayor	
	3	Oportunidad menor	
	2	Amenaza menor	
	1	Amenaza mayor	

En el caso de la matriz MEFE, luego de analizar los resultados y comparar que $2,61 > 2,5$, se concluye que la empresa está en condiciones de hacer frente al mercado utilizando la oportunidad que representa la alta demanda, para afrontar los altos costos de la tecnología.

Tabla 13

Matriz cualitativa para valorar estrategias

Factores críticos para el éxito	Peso en porcentaje	Ampliar la capacidad		Disminuir la demanda	
		Calificación	Calificación ponderada	Calificación	Calificación ponderada
Oportunidades					
Demanda ascendente	7	4	0,28	1	0,07
Políticas que favorecen el mercado	5	4	0,20	1	0,05
Alta participación en el mercado	8	4	0,32	1	0,08
Posición financiera	8	4	0,32	2	0,16
Subtotal	28		1,12		0,36

(continúa)

(continuación)

Amenazas					
Altos costos por nueva tecnología	13	2	0,26	4	0,52
Subtotal	13		0,26		0,52
Fortalezas					
Talento humano calificado	9	4	0,36	4	
Experiencia en el sector	9	4	0,36	3	0,27
Buen servicio al cliente	7	3	0,21	2	0,14
Calidad del producto	8	2	0,16	4	0,32
Competitividad de precios	8	3	0,24	3	0,24
Subtotal	41		0,97		0,97
Debilidades					
Inversión en investigación y desarrollo	6	4	0,24	1	0,06
Baja inversión en publicidad	5	1	0,05	1	0,05
Falta del plan global de crecimiento	7	3	0,21	1	0,07
Subtotal	18		0,50		0,18
Total	100		2,85		2,03
Que tanto las estrategias están apalancando cada una de las variables de forma positiva	4	Alto			
	3	Medio			
	2	Bajo			
	1	Nada importante			

Analizando las estrategias evaluadas, según la tabla 13, la de mayor puntuación fue ampliar la capacidad con un total de 2,85, respecto a 2,03 de la otra estrategia.

— Paso 8. Propuesta de acciones para dar cumplimiento a la estrategia

Las siguientes fueron las variantes de solución que se propusieron:

- a) Invertir en una nueva capilla de pintura.
- b) Acondicionar una capilla de pintura que se encuentra en desuso en el taller.

- c) Cambiar el régimen de trabajo (trabajar 2 turnos al día.)

3.5 Etapa 4. Implementación

La empresa se inclinó por invertir en una nueva capilla de pintura y reparar la que estaba rota.

En el mes de enero de 2022, se comenzó la instalación de la nueva capilla de pintura la cual cuenta con dos puestos de trabajo, esta medida aumentará la capacidad de producción de muebles para hoteles hasta 3757 unidades, lo cual representa un aumento del 66 % de la capacidad actual.

Queda pendiente para abril del 2022 acondicionar la capilla que se encontraba deteriorada. Con la cual se llegará a una capacidad de 4354 unidades, lo cual es superior a la demanda de producción de muebles para hoteles, y la utilización de la capacidad estaría al 90 %, con lo cual queda un margen para ampliar las producciones dirigidas a otros segmentos del mercado.

Aun así, si la demanda aumentara en los próximos años pudiera pensarse en ampliar el régimen de trabajo lo cual aumentaría la capacidad en aproximadamente en un 90 %, teniendo en cuenta que esta acción generaría elevados costos de contratación, habilitación y desarrollo del capital humano.

Queda pendiente valorar la factibilidad de especializarse únicamente en mobiliario para el sector turismo, pues la proyección de construcción de hoteles del país es ascendente en los próximos diez años, lo cual sin lugar a duda aumentaría además su capacidad.

4. DISCUSIÓN

Hay muchos estudios que demuestran la importancia que tiene la planeación de las capacidades de producción para una empresa. Urgal González y García Vázquez (2006) examinan la relación entre la implantación de ciertas decisiones políticas generadoras de capacidad de producción y la importancia otorgada a determinadas prioridades competitivas. Aplicaron su metodología al sector del metal en España y plantean como medidas para incrementar la capacidad: la automatización flexible, capacitación de los recursos humanos, ingeniería del diseño y de fabricación. De ellas ninguna fue factible en este estudio, dadas las condiciones de la empresa analizada en esta investigación

Por otra parte, Londoño Arboleda (2014) aplica un procedimiento en una fábrica de muebles en Colombia, donde utiliza la proyección por escenarios como herramienta de la planeación prospectiva, debido a que los datos históricos no permiten un pronóstico para la planeación estratégica (cinco años). En este caso, la estrategia es disminuir la

capacidad y proponer la venta de instalaciones. Sus resultados están en correspondencia con lo que se plantea en el presente estudio. Aunque propone cambios en los diseños de los productos, aspecto que no se usó en este trabajo, pues el diseño del producto se desarrolla con la colaboración y aprobación del cliente.

Con la aplicación del procedimiento, la UEB Muebles Ludema cuenta con una capacidad de 3757 habitaciones, lo que supera en 1503 habitaciones a la capacidad anterior. Si se incrementa la producción en 1503 habitaciones, con las medidas tomadas, luego se recibiría un beneficio de 859 942,953 pesos totales al año. Esto se traduce en un mayor estímulo para los trabajadores correspondiente al pago por resultados. Además, la ampliación de las capacidades favorecería la creación de 3 nuevos empleos.

Por otro lado, si la empresa no es capaz de ampliar su capacidad, los muebles tendrían que ser importados, lo cual triplicaría su precio, entonces la mejora de este proceso contribuye a la sustitución de importaciones.

5. CONCLUSIONES

La aplicación del procedimiento para la planeación de las capacidades de producción contribuyó a la mejora de la planeación de la producción a largo plazo, pues permitió tomar las medidas necesarias para ampliar la capacidad, lo que contribuirá a elevar los ingresos de la empresa y sus trabajadores, además de la creación de nuevos puestos de trabajo. También evitará a la empresa perder nichos del mercado.

A modo de recomendación, se sugiere aplicar técnicas de programación y secuenciación de la producción, que permitirán el uso adecuado del tiempo, las máquinas y el trabajo del hombre

REFERENCIAS

- Acevedo Suárez, J. A., Gómez Acosta, M. I., Urquiaga Rodríguez, A. J., & Hernández Torres, M. (2002). *Organización de la producción y los servicios*. Ediciones CUJAE.
- Agencia Cubana de Noticias. (2017, 5 de diciembre). Fijan nuevas parcelas para construir hoteles en La Habana. Agencia Cubana de Noticias ACN. Recuperado de <http://www.acn.cu/cuba/30609-fijan-nuevas-parcelas-para-construir-hoteles-en-la-habana>
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2005). *Administración de producción y operaciones para una ventaja competitiva*. McGraw-Hill.
- Cobas Marrero, Y. (2017). *Propuesta de armonización del flujo productivo para el mueble escritorio en la UEB Muebles "Ludema"* [Trabajo de diploma, Universidad de las Tunas, Cuba].

- Domínguez Machuca, J. A., Álvarez Gil, M. J., Domínguez Machuca, M. Á., García González, S., & Ruiz Jiménez, A. (1995). *Dirección de operaciones. Aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. McGraw-Hill.
- Empresa Industria Cubana del Mueble, DUJO. (2020a). Plan de la economía ALMEST [Informe temático].
- Empresa Industria Cubana del Mueble, DUJO. (2020b). Informe del balance general 2019 [Reporte anual].
- Empresa Industria Cubana del Mueble, DUJO. (2020c). Objetivos de trabajo para el 2020 [Informe].
- Estevez Torres, A. (2019). *Procedimiento para la planeación de las capacidades de producción. Caso de estudio muebles de habitaciones para el turismo en la UEB Muebles Ludema* [Tesis de maestría, Universidad de Las Tunas, Cuba].
- Estevez Torres, A., Megna Alicia, A., Jardines Rivas, R. E., Parra García, I. C., León Parra, E., & Jimenez Silva, G. (2021). Propuesta de un procedimiento para la planeación de las capacidades de producción de una empresa. *Revista Ingeniería Industrial*, (40), 61-73. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2021.n40.4861>
- Hayes, R. H., & Wheelwright, S. C. (1984). *Restoring our competitive edge. Competing through manufacturing*, John Wiley & Sons.
- Heizer, J., & Render, B. (2015). *Dirección de la producción. Decisiones estratégicas*. Pearson Educación.
- Igarza Curbelo, Y. R. (2009). *Propuesta de una metodología para la planificación de la producción en el taller de estructuras metálicas de la Empresa METUNAS* [Trabajo de diploma, Centro Universitario "Vladimir Ilich Lenin"].
- Londoño Arboleda, M. F. (2014). *Planeación de la capacidad de producción para la nueva fábrica de muebles de la empresa Iván Botero Gómez S. A.* [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales]. Repositorio Institucion UN. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/52715>
- Oliva Gómez, A. (2013). *Propuesta de procedimiento para determinar la capacidad productiva en la línea de muebles de madera para la producción de sillas de restaurante #1 en la Empresa de Muebles y Lámparas (LUDEMA) de Las Tunas* [Trabajo de diploma, Centro Universitario "Vladimir Ilich Lenin"].
- Paredes Medina, W. F. (2013, 1 de octubre). *Capacidad del sistema de producción, conceptos generales*. *Gestiopolis*. <https://www.gestiopolis.com/capacidad-del-sistema-de-produccion-conceptos-generales/>

- Pavon Ortega, R. (2017). *Acciones de mejora a la gestión de producción de mobiliario para hoteles en la YEB Muebles Ludema, Las Tunas* [Trabajo de diploma, Universidad de las Tunas, Cuba]. <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ap/Ecuador/diurucuenca/20121115114754/teoria.pdf>
- Silva, J., Díaz, C., & Galindo J. (2017). Herramientas cuantitativas para la planeación y programación de la producción: estado del arte. *Revista Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, V(18), 99-114. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215052403008>
- Sixto-Pérez, I. Y., Estevez-Torres, M. A., León-Parra, M. E., & Megna-Alicio, D. A. (2021). Determinación de la capacidad de producción de muebles para organismos en la UEB Muebles Ludema. *Revista Electrónica Innovación Tecnológica*, 27(1). <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/442/4422091008/index.html>
- Slack, N., & Lewis, M. (2017). *Operations strategy* (4.ª ed.). Pearson.
- Torres, L., & Urquiaga, A. J. (2007). *Fundamentos teóricos sobre gestión de la producción*. Editorial Félix Varela.
- Urgal González, B., & García Vázquez, J. M. (2006). Decisiones de producción, capacidad de producción y prioridades competitivas. Un estudio aplicado al sector del metal en España. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 12(3), 130-149. <https://www.redalyc.org/pdf/2741/274120074008.pdf>

RELACIÓN ENTRE *LAST MILE* Y *MILK RUN*. REVISIÓN DE LITERATURA Y CLASIFICACIÓN DE SOLUCIONES A LOS PRINCIPALES DESAFÍOS QUE AFRONTA EL PERÚ EN LA LOGÍSTICA DE ÚLTIMA MILLA*

JULIO ABRAHAM RAMOS QUISPE**

<https://orcid.org/0000-0002-2329-1205>

KAREEN ELENA FLORES SANJINEZ

<https://orcid.org/0000-0002-0324-9616>

ROSARIO NATALIA ZAVALA BEJARANO

<https://orcid.org/0000-0001-8593-9241>

VICTOR ANDRES CCAHUANA CUTIPA

<https://orcid.org/0000-0003-0218-1442>

Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa,
Facultad de Ingeniería, Arequipa, Perú

Recibido: 31 de mayo del 2021 / Aprobado: 15 de marzo del 2022

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n42.5862>

RESUMEN: Frente a los escenarios logísticos que afronta el Perú, el artículo analiza las relaciones que existen entre *milk run* y *last mile* mediante una revisión de literatura; en ese sentido, se presenta una clasificación general de sus componentes y las alternativas de solución frente a los desafíos *last mile*, lo cual proporciona una mejor perspectiva de los algoritmos en cuanto a mejora, distribución y optimización.

PALABRAS CLAVE: *last mile* / *milk run* / desafíos *last mile* / algoritmos de optimización

* Todos autores han contribuido con la misma intensidad en el diseño, obtención de datos, análisis, revisión crítica de su contenido y aprobación final de la versión publicada.

** Correos electrónicos en orden de aparición: jramosq@unsa.edu.pe; kfloressa@unsa.edu.pe; rzavala@unsa.edu.pe; vcchuanac@unsa.edu.pe

RELATIONSHIP BETWEEN LAST MILE AND MILK RUN: LITERATURE REVIEW AND CLASSIFICATION OF SOLUTIONS TO THE MAIN CHALLENGES FACING PERU IN LAST MILE LOGISTICS

ABSTRACT: Given the logistic scenarios faced by Peru, this article analyzes the relationship between Milk Run and Last Mile through a literature review; in this sense, it presents a general classification of Last Mile components and offers solution alternatives to its challenges. Thus, it provides a better perspective of the algorithms regarding improvement, distribution, and optimization.

KEYWORDS: last mile / milk run / last mile challenges / optimization algorithms

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el comercio electrónico se ha convertido en la industria con mayor crecimiento en el Perú, más aún porque la coyuntura de la pandemia del COVID-19 llevó a la digitalización de más empresas de diversos sectores. El comercio o *retail* es el sector más afectado por las medidas restrictivas que trajo la pandemia de acuerdo con información obtenida en Chicoma (2020), quien siendo ministro de la Producción dio a conocer un incremento en el mes de enero del comercio de alimentos (28,0 %) y artículos de uso doméstico (80,6 %) en supermercados e hipermercados, donde las ventas aumentaron en un 26,2 %.

En este contexto tiene mayor énfasis el análisis *last mile*, último tramo de viaje para la entrega de mercancías, porque durante los últimos años se presentan desafíos tales como: los altos costos en los que se incurre al realizar la entrega del producto al cliente final y pedidos con menores tiempo de entrega por lo que se generan congestiones vehiculares, según Villar (2019), se traduce a pérdidas económicas que ascienden al 1,8 % del PBI de Lima.

Este inminente desafío logístico está transformando la demanda de productos y a su vez revela nuevas tendencias. Para empezar, las exigencias por parte de los consumidores a la hora de adquirir un producto, como lo detalla Yinglan (2019) en la revista *Forbes*, cuya necesidad de "gratificación instantánea" por tener los productos en sus manos de forma rápida, accesible y eficiente se ha convertido en el sello distintivo de la era digital y es poco probable que cambie. Inclusive, los clientes optan por hacer compras digitales *picking* multiproducto en cantidades mínimas y pedidos dispersos por toda la ciudad, lo que genera una estructura de distribución insuficiente. Estos problemas están relacionados con la falta de una adecuada gestión y organización de los procesos en logística *last mile* (logística de última milla) por parte de las empresas peruanas.

Una de las herramientas clave en logística *last mile* son los circuitos logísticos según rutas del lechero (*milk run* o *milkround*), que se crearon para prevenir las interrupciones en la cadena de suministro mediante un modelo de simulación que utiliza distribuciones estadísticas y parámetros de entrada como el ciclo de entrega, el tiempo, la distancia, el tráfico, etcétera (Baudin, 2011).

Por otro lado, la clasificación junto a nuestra revisión de literatura especializada en el tema muestra que el *milk run* da a conocer cómo se puede aumentar la frecuencia de las entregas (Kocaoglu et al., 2020) y la sincronización con el transporte en redes complejas (Hfeda et al., 2017), así como la entrega de materiales y producción a las estaciones de producción particulares (Baudin & Bard, 2004); mientras que, al mismo tiempo, se asegura que el número de medios de transporte utilizado (Gyulai et al., 2013) y la cantidad de materiales en *stock* se mantengan al mínimo (Nozari et al., 2015).

El propósito de este artículo es analizar las relaciones de *last mile* y *milk run in logistics* en el Perú. Para ello se presenta una clasificación general de sus componentes, como también los desafíos *last mile* que enfrentaría en un escenario peruano. El documento analiza la logística basada en *last mile* y *milk run* para el sistema de adquisiciones con especial énfasis en la revisión de algoritmos de optimización de ruteos y costos.

2. METODOLOGÍA

2.1 Definición del problema

¿Cuáles son los principales desafíos que afronta el Perú en logística de última milla?
 ¿Cómo la relación entre *milk run* y *last mile* propone alternativas de solución a los desafíos propuestos?

2.2 Revisión de literatura

La información obtenida será recabada de fuentes confiables y bases de datos académicas prestigiosas como: Scopus, Science Direct y Web of Science, así como de algunos repositorios de investigaciones realizadas en universidades del país. Se dio preferencia a la búsqueda de artículos científicos ya que los artículos publicados en revistas científicas componen la literatura primaria de la ciencia. El método utilizado para realizar dicha búsqueda fue mediante la utilización de palabras clave como *milk run* y *last mile*. Asimismo, la búsqueda se filtró con una antigüedad de máximo 5 años desde la publicación de los artículos relacionados.

Se obtuvo un total de 29 investigaciones de las cuales se seleccionaron las siguientes:

Tabla 1

Revisión de literatura

Fuente	Título de la investigación
Elsevier BV	El modelado del problema de enrutamiento de vehículos impulsados por leche basado en un algoritmo CW mejorado que se unió a la ventana de tiempo
	Logística de <i>cross-docking</i> y producción de leche en una red de consolidación: un híbrido de búsqueda de armonía y enfoque de recocido simulado
	Uso compartido de servicios de transporte y programación de reabastecimiento/entrega en el Centro de Suministro en el Parque Industrial (SHIP)
	Dynamic milk-run OEM operations in over-congested traffic conditions An agent-based approach to evaluate collaborative strategies in milk-run OEM operations

2009 International Conference on Computers & Industrial Engineering	A robust optimization approach for the Milk Run problem (An auto industry supply chain case study)
<i>IFAC-PapersOnLine</i> (publicación periódica)	Optimización integrada de transporte de inventario basada en el modelo de producción de leche
<i>International Journal of Applied Operational Research</i> (publicación periódica)	An extended compact genetic algorithm for milk run problem with time windows and inventory uncertainty
<i>Journal of Management & Engineering Integration</i> (publicación académica)	Supply chain milk-run delivery optimization Optimization of milk-run delivery issue in lean supply chain management by genetic algorithm and hybridization of genetic algorithm with ant colony optimization: An automobile industry case study
<i>International Journal of Physical Distribution & Logistics Management</i> (publicación académica)	Innovative solutions to increase last-mile delivery efficiency in B2C e-commerce: A literature review
Springer	An integrated inbound logistics mode with intelligent scheduling of milkrun collection, drop and pull delivery and LNG vehicles
MDPI o Multidisciplinary Digital Publishing Institute (en español, Instituto Multidisciplinario de Publicaciones Digitales)	DMRVR: Dynamic milk-run vehicle routing solution using fog-based vehicular ad hoc networks
Taylor & Francis Group	Block-matrix-based approach for the vehicle routing problem with transportation type selection under an uncertain environment Reference model of milk-run traffic systems prototyping
Hindawi	A novel approach for optimizing the supply chain: A heuristic-based hybrid algorithm
IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT)	Utilizing excess capacity in last mile using 4th Party Milk Run
University Texts Collection (Ecoe Ediciones). Logistics Area	Comprehensive logistics management: Best practices in the supply chain
International Journal of Supply and Operations Management	Applying milk-run method to optimize cost of transport: An empirical evidence
Open Engineering	Simulation of production lines supply within internal logistics systems
Proceedings of the IADIS International Conference Intelligent Systems and Agents 2012, ISA 2012, IADIS European Conference on Data Mining 2012, ECDM 2012	Prototype of a milk run for routing daily using genetic algorithm

2.3 Organización de la información

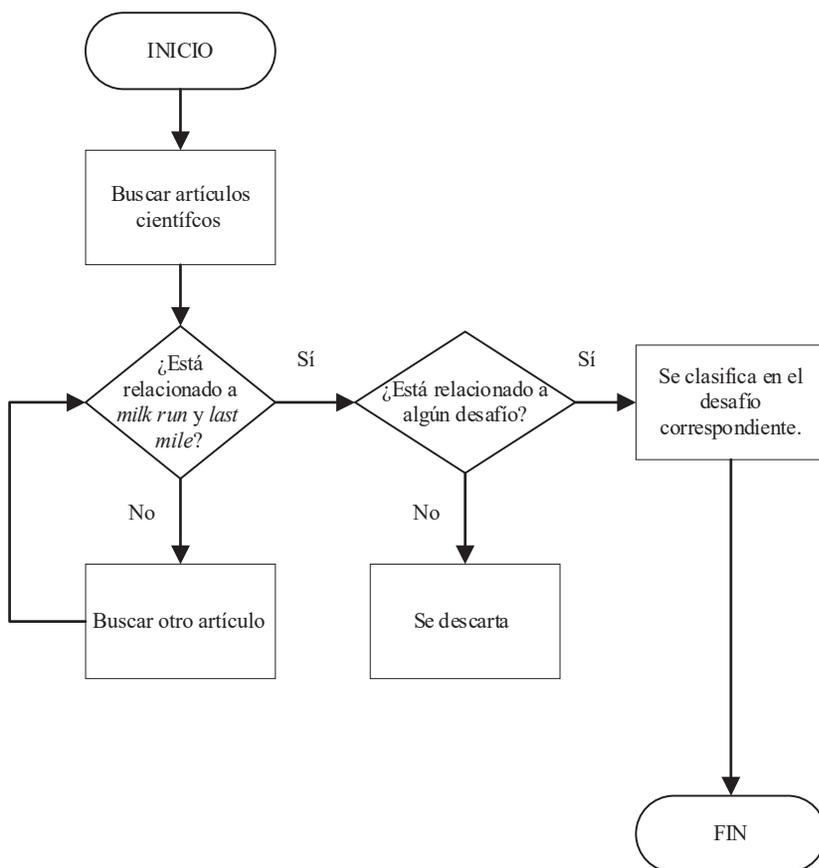
Se clasificó la información para tener una mejor visión de las investigaciones para lo cual se utilizaron criterios como: el nombre del artículo, problema abordado, variables, algoritmos utilizados y, finalmente, la solución obtenida.

2.4 Análisis de la información

Una vez organizada la información, se realizó el análisis de esta para poder clasificar los artículos de acuerdo a los criterios mencionados, en caso de que esté relacionada dicha información con los desafíos encontrados en la presente investigación se dan a conocer los algoritmos utilizados, así como sus resultados.

Figura 1

Proceso de revisión de literatura



Nota. La búsqueda de la información se clasificó de acuerdo a los seis desafíos encontrados.

2.5 Enfoque de análisis

La logística de última milla puede analizarse tomando en cuenta variables como: plazo, nivel de cumplimiento, estado de las entregas, disponibilidad del producto, costos por cada operación en el centro logístico, ventanas de tiempo entre pedidos, trazabilidad en los envíos en tiempo real, daños en el transporte o de fábrica, etcétera. En este artículo, los parámetros fueron clasificados según los principales desafíos *last mile* que afronta el Perú, para que puedan ser respondidos por medio de los componentes de *milk run*. Primeramente, se identificaron seis desafíos y se categorizaron en: a) aumento de vehículos distribuidores, b) clientes más demandantes, c) inadecuada planificación para entrega, d) la minimización de costos de transporte e inventario, e) la limitada capacidad de los vehículos y el consumo de tiempo de los procesos logísticos y f) los picos en el número de entregas.

Posteriormente, los componentes de *milk run* presentados por diferentes investigadores fueron clasificados como respuesta a los desafíos mencionados anteriormente. Finalmente, se brindó discusión.

3. RESULTADOS

Según Sebastián Ojeda (“Latinoamérica: ¿Cuáles son los desafíos logísticos que aún faltan por enfrentar?”, s. f.), CEO de Beetrack, enfocarse en la estrategia de distribución a través de soluciones de tiempo real, políticas más acertadas, una mejor asistencia y un trabajo de logística que permita darles confianza a los clientes, son algunos de los desafíos pendientes por afrontar en la industria del comercio electrónico en el Perú.

Tomando como referencia a la ciudad de Lima, en donde se realiza la mayoría de operaciones de *last mile*, no está preparada para la entrega de paquetería; en ella se presentan tres principales desafíos: el tráfico permanente, ya que no hay zonas de descarga en las zonas residenciales; la alta fragmentación de repartidores, que usan vehículos livianos como consecuencia de la rápida aparición de numerosos *e-commerce* con este sistema de reparto, y la “versatilidad” del servicio de entrega, que trae consigo inconvenientes inesperados, tales como una llanta reventada que genera retrasos, un accidente que malogra parcial o total el producto y otros, ya que el repartidor realiza interminables maniobras (autos, peatones, huecos en la pista, baches, etcétera) para llegar al punto de entrega (Alegre, 2020).

Es por ello, que de acuerdo a los desafíos que presenta el Perú en logística *last mile*, sumado a ello el impacto pospandemia, identificamos seis principales desafíos que clasificamos según importancia y se detallan a continuación.

3.1 Aumento de vehículos distribuidores

En este caso, el problema surge debido al incremento de la oferta de servicios de entrega de productos, desde el almacén hasta el lugar donde se encuentra el cliente, lo cual ocasiona que haya mayor flujo de vehículos por las calles. Además, estos deben detenerse en ciertos puntos para poder realizar la entrega de dichos productos, para ello se requiere estacionamientos, iluminación eficiente, una adecuada vía de tránsito vehicular, entre otros.

La deficiencia de lo mencionado afecta la distribución porque no permite calcular con certeza los tiempos de traslado del producto ocasionando accidentes inesperados. Es por esto que muchas investigaciones aplicando *milk run* buscan solucionar este tipo de fallas, Hosseini et al. (2014) aplican una logística de *cross-docking* y *milk run* para el problema del transporte de una red de consolidación de gran tamaño, donde se utiliza un conjunto de vehículos para transportar mercancías de los proveedores a sus correspondientes clientes, logrando la reducción tanto del costo de envío en la red como de los requisitos de tiempo computacional.

En realidad, cuando se busca solucionar casos reales no siempre se consiguen las soluciones planteadas en teoría. Por esta razón, investigaciones como la de Hfeda et al. (2017) encontraron la necesidad de tener una solución óptima para la distancia de transporte, así como para gestionar en redes logísticas de alta complejidad, a través del enfoque ACO, conocido como optimización basada en colonia de hormigas. Asimismo, Nguyen y Dao (2015) parten por ese mismo principio de abordar el problema en la gestión de la cadena de suministro ajustada (LSC), aplicando *milk run*, mostrando que la MIP (programación de enteros mixtos) y HAT (búsqueda tabú) pueden lograr un resultado óptimo con respecto al costo total de la LSC.

3.2 Clientes más demandantes

La tendencia de los usuarios finales esperan entregas más rápidas (que se respeten los tiempos de entrega), eficientes (buscan tener un seguimiento en línea de dónde está su pedido en todo momento) y de calidad (que su producto llegue en perfectas condiciones). Esto es todo un desafío para las empresas, ya que la satisfacción del servicio dependerá de la realización de futuras compras. Dado que se tienen cada vez más exigencias por parte de los clientes, Kocaoglu et al. (2020) plantean un algoritmo genético modificado basado en ahorros que se denomina "algoritmo híbrido de selección de estrategia de distribución y enrutamiento de vehículos" (DSSVRHA, *distribution strategy selection and vehicle routing hybrid algorithm*) y con ello logran reducir los costos de distribución, así como el tiempo empleado, ya que elaboran unos modos de entrega: "envío directo", "*milk run*" y *cross docking* de manera eficiente.

3.3 La inadecuada planificación para entrega

Si bien la mayoría de las industrias de envío urgente no forman una escala y todavía adoptan los anticuados métodos de entrega sin planificación, el objetivo es encontrar una política de distribución periódica con un plan sobre a quién servir, cuánto entregar y por qué. De esa manera se mejorarían los factores de carga del vehículo, reduciendo la transmisión en costo de transporte e inventario mediante la manipulación del tamaño de la flota y la capacidad de los vehículos y las áreas de almacenamiento.

Por ejemplo, Yun et al. (2010), partiendo de este desafío, desarrollaron una optimización integrada de transporte de inventario basada en el modelo de *milk run* donde, mediante algoritmo genético e iterado, minimizaron el costo total equilibrando el costo del transporte e inventario. A parte de ello, Nozari et al. (2015), para resolver problemas a gran escala de encontrar una relación entre producción ajustada y una buena estrategia logística, usando eCGA (*extended compact genetic algorithm*), necesitaron muy poca información sobre el inventario incierto y aunque la solución impuso un costo adicional al transporte y al almacén de inventario, no quedó ningún inventario insatisfecho en la red.

Chen et al. (2019) elaboran un modelo novedoso de enrutamiento de vehículos en el cual considera la selección del tipo de transporte en un entorno incierto con un tiempo de viaje difuso, mediante un enfoque basado en la matriz de bloques, para seleccionar el tipo de transporte, optimiza el transporte de vehículos con el algoritmo de optimización según la biogeografía extendida (EBBO), con ello logra seleccionar un tipo de transporte que sea óptimo de manera intuitiva, razonable, eficaz y eficiente, lo que le permite reducir el costo logístico y mejorar la competitividad de las empresas logísticas. Otra forma de planificar adecuadamente la entrega es la dada por Grzegorz et al. (2020), en cuya investigación desarrolla un modelo declarativo que permite determinar el número de viajes de transporte y su organización en el tiempo y espacio necesarios para la entrega oportuna de material a puntos específicos de carga y descarga, mediante la formulación de un problema de satisfacción de restricciones que respalda la toma de decisiones en el proceso de búsqueda de una política de distribución periódica.

3.4 La minimización de costos de transporte e inventario

En el caso de un problema de ruta de inventario, el objetivo es encontrar una política de distribución periódica con un plan sobre a quién servir, cuánto entregar y el porqué, de tal manera que la pregunta sobre cómo reducir los costos asociados con el transporte, reducir los inventarios, entregar los productos a los clientes en el momento adecuado y en el lugar adecuado, nos enfoca en la necesidad de la cantidad adecuada para lograr ventajas competitivas y beneficios esperados (Patel et al., 2014).

Milk run es un método que se desarrolló en base al concepto de optimización en la logística de la ciudad. Su ventaja es entregar diferentes productos a los clientes en el

menor número posible de envíos para optimizar todos los costos relacionados con los cargos de transporte, manipulación y almacenamiento (Nemoto et al., 2010).

Sánchez Barrientos (2017) considera que los costos de transporte son los más elevados en la logística, por lo que busca optimizar las rutas mediante modelos científicos que contengan diferentes estrategias de envío, los cuales estén a su vez contenidos en un algoritmo genético para reducir los costos de envío. Así mismo, *milk run*, al ser un modelo de logística moderno, presenta problemas de altos costos debido a que se transportan lotes pequeños a altas frecuencias y limitaciones de tiempo (Chen, Wang & Huang, 2020), por lo que plantea un modelo de logística de entrada integrada (IEL), el cual se formula con modelo matemático mixto para posteriormente encontrar la solución óptima mediante un algoritmo genético codificado con MATLAB, obteniendo así beneficios económicos y sociales. Otra forma de reducir costos fue la desarrollada por Kian et al. (2017) consistente en utilizar el exceso de capacidad en la última milla, mediante consolidación de entregas de diferentes empresas, en donde utiliza el enrutamiento mediante un modelo de optimización y lo resuelve con un algoritmo evolutivo.

3.5 La limitada capacidad de los vehículos y el consumo de tiempo de los procesos logísticos

La logística de suministro de material, en grandes y medianos sistemas de producción a escala, tiene un papel clave en el equilibrio de carga de trabajo y garantiza un funcionamiento continuo y sin problemas de producción. El sistema logístico actual en planta influye no solo en el rendimiento de los componentes de producción de control; incluso afecta, directamente, tanto a la gestión de pedidos como al sistema de producción. Para gestionar eficazmente, tanto el sistema de suministro de material entrante como salientes, los problemas de distribución y logística de transporte son usualmente formulados como problemas de rutas vehiculares cuyo objetivo es obtener un plan de ruta de costo mínimo que sirva a un conjunto de clientes con demandas conocidas.

Para Gyulai et al. (2020) la utilización de una heurística de generación de solución inicial y búsqueda local es un método para resolver el problema de planificación (*milk run*). Así mismo, para demostrar las capacidades de la solución propuesta, se ha desarrollado y probado un prototipo de *software* en datos industriales de la vida real. Tiene como objetivo principal ampliar el modelo con partición de demanda para aumentar la capacidad de utilización de los vehículos de transporte. Además, el manejo de tipos de demanda no homogéneos (aspectos físicos del material, manejo de rial) requiere que se incluyan más restricciones en el modelo.

3.6 El cómo hacer frente a los picos en el número de entregas

Los sistemas permiten entregas frecuentes de diversos materiales, desde un área de almacenamiento central a varios lugares de producción (puntos de uso, POU) en recorridos colectivos. Por tanto, eficientes (en el sentido de “alta utilización”) entregas en lotes pequeños pueden ser implementadas lo que generalmente resulta en tiempos de entrega cortos y bajo inventario del lado de la línea, como señalan Baudin y Bard (2004). Los autores asumen que la demanda de contenedores es determinista, es decir, el momento exacto en que se producirá una demanda de contenedores se sabe de antemano. Esta información se puede utilizar para identificar la entrega óptima. El sistema Kanban es consumo orientado, es decir, se genera una orden Kanban en el momento en que el contenedor en la POU se vacía, por ejemplo, y debe llenarse ya sea lo más rápido posible o dentro de un plazo fijo y, generalmente, corto tiempo de espera (Bozer & Ciernoczołowski, 2013).

Otra alternativa de solución puede ser la desarrollada por Aragão et al. (2019), en cuya investigación proponen un enfoque basado en agentes múltiples; evalúan algunas estrategias colaborativas en las operaciones de transporte, relacionadas a un número adicional de vehículos auxiliares; el exceso de tareas asignadas a los vehículos regulares se transfiere a los vehículos auxiliares, en caso de que sea necesario, y se considera también la negociación entre los vehículos, es decir, cómo delegar tareas a los vehículos auxiliares con la finalidad de reducir la cantidad de tareas no realizadas y responder rápidamente a eventos dinámicos. Este modelo se implementó en Java Agent Development Framework (JADE).

Así mismo, en otra investigación realizada por Adriano et al. (2020), también hace mención a utilizar vehículos de recogida auxiliar para evitar posibles pérdidas para un fabricante de equipo originales (OEM), esto gracias al uso de la red vehicular mediante la cual se envían mensajes, lo que permite una toma de decisiones más rápida y precisa. Adicional a ello, Qiu y Huang (2016) proponen una toma de decisiones interactiva entre un centro de abastecimiento en el parque industrial (SHIP) y sus empresas miembros con servicios de transporte compartido lo cual trae beneficios, tanto para el SHIP como para los fabricantes, debido a que el SHIP ofrece un bajo precio y un alto servicio frecuente de transporte *milk run* que inducen fabricantes para adoptar un largo tiempo de ciclo de reposición de los proveedores.

Por otro lado, Novaes (2015) analiza un problema de enrutamiento dinámico de *picking-up (milk un)* de un OEM, en el que se asignan tareas que probablemente excederán el límite de tiempo en una ruta con vehículos suplementarios, formando así rutas dinámicas auxiliares con las tareas transferidas y originadas de los camiones regulares, mediante un algoritmo genético en asociación con un programa de simulación destinado a definir algunos parámetros probabilísticos relevantes, y demuestra

que la formulación dinámica mejora considerablemente el nivel de servicio en comparación con la versión estática.

De acuerdo con lo anterior, se obtuvo un mejor entendimiento de los resultados debido a que se buscó analizar la información con la finalidad de contribuir a la solución del problema planteado. Esto se analizó al enfocarse en los principales desafíos que se presentan en la industria del comercio electrónico en el Perú con el objetivo de buscar estrategias de solución y políticas más acertadas para conllevar a una mejor asistencia.

4. DISCUSIÓN

De manera general, se analizaron los principales desafíos de logística de última milla que enfrenta el Perú, donde se clasificaron los componentes *milk run* en respuesta a estos. Algunas investigaciones fueron concluidas satisfactoriamente en su análisis, considerando variables específicas y sobre todo con recomendaciones para futuras investigaciones. A continuación, se presentará cada desafío.

4.1 Aumento de vehículos distribuidores

La evolución de la logística de última milla sigue suponiendo afrontar retos, entre ellos el aumento de regulaciones para las empresas por el tráfico creciente que congestiona muchos núcleos urbanos, picos de estacionalidad por actividad logística y la dificultad del diseño de rutas por la variedad de lugares de destino (Mecalux, 2019). Por esta razón, recientes investigaciones como las mencionadas anteriormente, consideran este punto crítico como una de las principales variables de estudio y desarrollan algoritmos que pueden utilizarse en redes complejas. No obstante, presenta restricciones a medida que la complejidad aumenta, como lo aclaran Klenk et al. (2015), quienes han propuesto tres estrategias para redes completas, pero considerando que "provoca tiempos de entrega más largos y solo es aplicable si el tiempo de entrega no es crítico", inclusive se comprobó la eficacia de un método de trabajo sobre otro aplicado a un caso de estudio (Hfeda et al., 2017). Aun así, las relaciones *milk run* y *last mile* son cada vez más acertadas para el desarrollo de este tipo de obstáculos.

4.2 Inadecuada planificación para entrega

Cuando se realiza una compra *online* de un producto comprende de numerosas fases. Desde que se recoge del almacén hasta que le llega al cliente final pasa por numerosos procesos y trayectos para los cuales se necesita actuar con celeridad. Uno de los desafíos encontrados fue el de la inadecuada planificación para la entrega, sobre el tema se hallaron investigaciones que plantean alternativas que pueden mitigar y afrontar este desafío, logrando así una minimización de costos y optimizando el transporte con el

modelo *milk run* mediante el algoritmo genético, enrutamiento de vehículos y modelo declarativo, logrando, en cada caso, obtener resultados satisfactorios.

4.3 Clientes más demandantes

Los clientes constituyen el eje principal de cualquier empresa. Diferentes autores estudian las necesidades del ser humano y sus prioridades para satisfacerlos. Abraham H. Maslow es uno de los más conocidos y su pirámide de necesidades es una de las herramientas más empleadas para establecer el orden de satisfacción de dichas necesidades. La satisfacción del cliente se ha convertido en una meta principal de la actividad empresarial. El servicio al cliente debe ser definido, medido y gestionado (Hernández-Sampieri, 2014).

Cuando se habla de la logística en la cadena de suministro y que debe cumplir las expectativas de los clientes en realizar y cumplir con los requerimientos en los pedidos es necesario pensar que estos productos o servicios deben llegar en el momento preciso y el precio debe representar el valor que el consumidor pagó por ellos. Según lo que plantea Kotler y Armstrong (1998), las organizaciones mantienen la rentabilidad y el crecimiento gracias a la repetición de las compras de sus productos por clientes leales y sus servicios.

Kotler y Armstrong (1998) sugieren que, en el caso de los consumidores, las fuentes de información juegan diferentes papeles. Generalmente se piensa que las comunicaciones provenientes del comercio y de otras fuentes no personales proveen información, mientras que las fuentes personales, como la familia y los amigos, ayudan a evaluar el producto o a realizar la elección entre varias alternativas. Según la filosofía de la gerencia del servicio, "toda la organización debe operar como un gran departamento de servicio para clientes" (Albrecht, 1998). Un estudio hecho por cincuenta altos ejecutivos de multinacionales vislumbra a un consumidor cada vez más exigente. El análisis titulado "The future chain" ("La cadena de abastecimiento del futuro") imagina a un consumidor que en el 2016 buscaba cada día una relación más cercana con la empresa, y destaca la importancia que cobrarán los cambios demográficos, las tendencias, la tecnología y el medio ambiente.

4.4 La minimización de costos de transporte e inventario

De acuerdo con las investigaciones recabadas, los costos en el modelo *milk run* son altos debido a que es un modelo de logística moderno en el cual se transportan lotes pequeños, a altas frecuencias y limitaciones de tiempo (Chen, Wang & Huang, 2020), por lo que diversos autores han tenido como objetivo la reducción de los costos asociados a los cargos de transporte, manipulación y almacenamiento (Nemoto et al., 2010). Se utilizaron modelos científicos y matemáticos, asociados a algoritmos utilizados en *milk*

run, así como el aprovechamiento del exceso de capacidad en la última milla, mediante consolidación de entregas de diferentes empresas, desarrollándose un modelo de optimización para realizar las entregas con costos menores a los que se suele incurrir.

4.5 Picos en el número de entregas

La gestión de sistemas de inventarios constituye una de las funciones más complejas de las organizaciones, ya que implica mantener existencias para protegerse contra las incertidumbres al menor costo. Esta complejidad se hace más aguda en economías emergentes, donde factores internos propios de las organizaciones y externos de tipo económicos, políticos y sociales del entorno afectan esta gestión y las decisiones que se toman con base en la aplicación de modelos cuantitativos y políticas de administración desarrolladas para tal fin.

En este sentido, se hace imprescindible una gestión de los inventarios que conlleve a mantener la cantidad de bienes necesarios, considerando que un nivel bajo puede ocasionar constantes interrupciones en el sistema de fabricación y la imposibilidad de cubrir la demanda de los clientes; por su parte, un nivel alto de inventario lleva consigo altos costos que pueden afectar en gran medida el margen de ganancias del negocio según Gayle (1999). El objetivo de la gestión de sistemas de inventarios resulta ser entonces maximizar la rentabilidad minimizando los costos de capital inmovilizado el inventario y, al mismo tiempo, satisfacer los requerimientos de servicio al cliente, según Toro y Bastidas (2011).

Conocer los factores incidentes sobre la gestión de inventarios se hace imprescindible, especialmente, en países en vía de desarrollo donde las condiciones económicas, políticas y sociales son muy cambiantes y afectan las actividades de las organizaciones, razón por la cual se requiere complementar los resultados obtenidos vía filosofías y sistemas de administración de inventarios, con el análisis de todos los escenarios posibles para lograr la eficiencia y los resultados esperados.

4.6 La limitada capacidad de los vehículos y el consumo de tiempo de los procesos logísticos

En las investigaciones estudiadas lograron determinar la capacidad de utilización de los vehículos, asimismo agregaron variables como las variaciones de demanda que surgen por cada pedido, mediante el uso de algoritmos que fueron probados para casos reales, obteniendo resultados satisfactorios. Conforme a lo señalado, nuestro planteamiento de desafíos se considera en cómo podemos mejorar mediante los componentes de *milk run* esto de acuerdo a los principales desafíos previamente analizados como parte de la logística de última milla *last mile* en el Perú.

5. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

La información organizada se analizó. Identificados los desafíos con más citas se realizó un análisis sobre los más relevantes para el tema de estudio, mediante la lectura de los resúmenes y conclusiones de dichos artículos. Una vez realizado este trabajo, se seleccionaron por orden de interés (véase tabla 2).

Tabla 2

Análisis de la información

Desafío <i>last mile</i>	Variable analizada
La minimización de costos de transporte e inventario	Transporte en lotes pequeños, a altas frecuencias y limitaciones de tiempo
Picos en el número de entregas	Mantener existencias para protegerse contra incertidumbres al menor costo
Inadecuada planificación para entrega	Numerosos procesos y trayectos en la producción
Clientes más demandantes	El pedido debe llegar en el momento preciso y el precio debe representar el valor que el consumidor pagó por ello
Aumento de vehículos distribuidores	Picos de estacionalidad por actividad logística
La limitada capacidad de los vehículos y el consumo de tiempo de los procesos logísticos	Capacidad de utilización de los vehículos, por las variaciones de demanda

Nota: Orden por importancia de los desafíos, por mayor cantidad de citas.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En general, la complejidad en la logística de última milla se ha intensificado por los efectos de la pandemia del COVID-19, alterando las operaciones logísticas tradicionales, por esta razón con este artículo buscamos priorizar los desafíos que afronta el Perú en logística de última milla y describir como la relación de *milk run* y *last mile* pueden, mediante sus componentes, responder a estos.

Se realizó una búsqueda y clasificación con un 54 % de artículos científicos, 16 % de conferencias, 30 % publicaciones periódicas y académicas, relacionados a los desafíos encontrados, con la finalidad de dar a conocer cómo los diferentes investigadores lograron determinar soluciones logísticas utilizando *milk run* mediante algoritmos de optimización y enrutamiento, lo cual logró afrontar los desafíos mencionados.

Se describieron seis desafíos tomando en cuenta las principales necesidades en logística *last mile* que tiene el Perú, donde el 57 % de fuentes de información corresponden a temáticas de altos costos de transporte y picos de demanda, por lo que las

investigaciones, generalmente, están dirigidas a la disminución de costos gracias a la optimización de las rutas y tiempos mediante la aplicación de modelos y algoritmos planteados por los diferentes investigadores.

Se discutió cómo los componentes *milk run* responden al desafío de aumento de vehículos distribuidores, de modo que se concluyó que, las estructuras de alta complejidad por causas como la congestión y la falta de infraestructura inadecuada pueden alterar el desarrollo de algoritmos que son presentados en teoría, logrando los investigadores utilizarlos en casos de uso, teniendo resultados satisfactorios, no obstante, se debe tomar en cuenta ciertas consideraciones, como que el tiempo de entrega no sea crítico.

Se recomienda que la clasificación que se hizo a los casos mencionados en esta revisión de literatura especializada en el tema pueda ser considerada para futuras investigaciones, tomando en cuenta nuevos desafíos a nivel local, regional, etcétera. Asimismo, las empresas pueden encontrar en la revisión realizada de literatura mejores formas de gestionar y minimizar su costo de transporte en la última milla.

REFERENCIAS

- Adriano, D. D., Montez, C., Novaes, A. G. N., & Wangham, M. (2020). DMRVR: Dynamic milk-run vehicle routing solution using fog-based vehicular ad hoc networks. *Electronics*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/electronics9122010>
- Albrecht, K. (1998). Truths of service. *Executive Excellence*, 15(4), 11.
- Alegre, M. (2020). *El desafío de la última milla*. Real Time Management. <https://www.rtm.com.pe/2020/02/04/el-desafio-de-la-ultima-milla/>
- Aragão, D. P., Novaes, A. G. N., & Luna, M. M. M. (2019). An agent-based approach to evaluate collaborative strategies in milk-run OEM operations. *Computers & Industrial Engineering*, 129, 545-555. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.026>
- Baudin, M. (2011). *¿Aumenta lean los riesgos en la cadena de suministro?* Asenta Management Consultants. <https://www.asenta.es/src/uploads/2020/04/Aumenta-Lean-los-riesgos-en-la-cadena-de-suministro.pdf>
- Baudin, M., & Bard, J. (2004). A Review of: "Lean logistics: The Nuts and Bolts of Delivering Materials and Goods". *IIE Transactions*, 38(9), 797-798, <https://doi.org/10.1080/07408170600684165>
- Bozer, Y. A., & Ciernoczołowski, D. D. (2013). Performance evaluation of small-batch container delivery systems used in lean manufacturing - Part 1: System stability and distribution of container starts. *International Journal of Production Research*, 51(2), 555-567, <https://doi.org/10.1080/00207543.2012.656330>

- Chen, J., Wang, K., & Huang, Y. (2020). An integrated inbound logistics mode with intelligent scheduling of milk-run collection, drop and pull delivery and LNG vehicles. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 32, 2257-2265. <https://doi.org/10.1007/s10845-020-01637-3>
- Chen, Z., Zhang, W., Zhang, S., & Chen, Y. (2019). Block-matrix-based approach for the vehicle routing problem with transportation type selection under an uncertain environment. *Engineering Optimization*, 1-22. doi:10.1080/0305215x.2019.1631818
- Chicoma, D. (2020, 22 de mayo). *Retail y comercio en el Perú: ¿cómo ha impactado la COVID-19?* Conexión Essan. <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/retail-y-comercio-en-el-peru-como-ha-impactado-la-covid-19>
- Gayle, R. (1999). *Contabilidad y administración de costos*. Editorial McGraw-Hill.
- Grzegorz, B., Izabela, N., Arkadiusz, G., & Zbigniew, B. (2020). Reference model of milk-run traffic systems prototyping. *International Journal of Production Research*, 59(15), 4495-4512. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1766717>
- Gyulai, D., Pfeiffer, A., Sobottka, T., & Váncza, J. (2013). Milkrun vehicle routing approach for shop-floor logistics. *Procedia CIRP*, 7, 127-132, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.05.022>
- Gyulai, D., Bergmann, J., Lengyel, A., Kádár, B., & Czirko, D. (2020). Simulation-based digital twin of a complex shop-floor logistics system, *2020 Winter Simulation Conference (WSC)*, 1849-1860. <https://doi.org/10.1109/WSC48552.2020.9383936>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill Education.
- Hfeda, M., Marchand, F., & Dao, T.-M. (2017). Optimization of milk-run delivery issue in lean supply chain management by genetic algorithm and hybridization of genetic algorithm with ant colony optimization: an automobile industry case study. *Journal of Management & Engineering Integration*, 10(2), 90-99.
- Hosseini, S. D., Akbarpour Shirazi, M., & Karimi, B. (2014). Cross-docking and milk run logistics in a consolidation network: A hybrid of harmony search and simulated annealing approach. *Journal of Manufacturing Systems*, 33(4), 567-577. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2014.05.004>
- Kian, L. C., Lindawati, & de Souza, R. (2017). Utilizing excess capacity in last mile using 4th party milk run. *2017 6th IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT)*. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2017.8547024>
- Klenk, E., Galka, S., & Günthner, W. A. (2015). Operating strategies for in-plant milk-run systems. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 1882-1887. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.361>

- Kocaoglu, Y., Cakmak, E., Kocaoglu, B., & Taskin Gumus, A. (2020). A novel approach for optimizing the supply chain: A heuristic-based hybrid algorithm. *Mathematical Problems in Engineering*, (3), 1-24. <http://dx.doi.org/10.1155/2020/3943798>
- Kotler, P. & Armstrong, G. (1998). *Fundamentos de mercadotecnia*. Prentice-Hall.
- Latinoamérica: ¿Cuáles son los desafíos logísticos que aún faltan por enfrentar?. (s. f.). Recuperado el 10 de mayo de 2021 de <https://www.beetrack.com/es/blog/latinoamerica-cuales-son-los-desafios-logisticos-que-aun-faltan-por-enfrentar>
- Mecalux. (2019, 22 de julio). *La gestión de la última milla logística empieza en el almacén*. Recuperado el 20 de mayo de 2021 de <https://www.mecalux.es/blog/ultima-milla-logistica>
- Nemoto, T., Hayashi, K., & Hashimoto, M. (2010). Milk-run logistics by Japanese automobile manufacturers in Thailand. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(3), 5980-5989. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.04.012>
- Novaes, A. G. N., Bez, E. T., Burin, P. J., & Aragão, D. P. (2015). Dynamic milk-run OEM operations in over-congested traffic conditions. *Computers & Industrial Engineering*, 88, 326-340. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.07.010>
- Nozari, H., Aliahmadi, A., Jafari-Eskandari, M., & Khaleghi, G. (2015). An extended compact genetic algorithm for milk run problem with time windows and inventory uncertainty. *International Journal of Applied Operational Research*, 5(2), 35-48. <https://ijorlu.liau.ac.ir/article-1-448-en.html>
- Nguyen, T.-H.-D., & Dao, T.-M., (2015). Supply chain milk-run delivery optimization. *Journal of Management & Engineering Integration*, 8(1), 29-40.
- Patel, D., Patel M., & Vadher, J. (2014). Implementación del sistema de suministro de material de operación lechera en el problema de enrutamiento de vehículos con recogida y entrega simultáneas. *Revista Internacional de Aplicación o Innovación en Ingeniería y Gestión (IJAIEG)*, 3(11), 122-124.
- Qiu, X., & Huang, G. Q. (2016). Transportation service sharing and replenishment/delivery scheduling in Supply Hub in Industrial Park (SHIP). *International Journal of Production Economics*, 175, 109-120. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.02.002>
- Sánchez Barrientos, M. (2017). *Optimización de rutas de transporte en redes de distribución LTL (less-than-truckload), mediante algoritmo genético heurístico*. Corporación Mexicana de Investigación en Materiales S. A. de C. V. <https://comimsa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1022/236/1/tesis%20MARIANA%20SANCHEZ%20BARRIENTOS%20IMPRESION.pdf>
- Toro, L. & Bastidas, V. (2011). Metodología para el control y la gestión de inventarios en una empresa minorista de electrodomésticos. *Scientia Et Technica*, XVI(49), 85-91.

- Villar, P. (2019). *Congestión vehicular en Lima y Callao genera pérdidas por más de S/5.000 mlls. al año*. El Comercio. <https://elcomercio.pe/economia/peru/costo-anual-trafico-lima-callao-s-5-541-5-millones-noticia-593591-noticia/>
- Yinglan, T. (2019). *Southeast Asia's retail boom fuels the rise of logistics*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/tanyinglan/2019/01/18/southeast-asias-retail-boom-fuels-the-rise-of-logistics/?sh=16b16a977148>
- Yun, L., Xian-long, G., & Chao-chun, S. (2010). Inventory-transportation integrated optimization based on milk-run model. *2010 International Conference on e-Business and e-Government, e-Business and e-Government (ICEE), 2010 International Conference On*, 3372-3376. <https://doi.org/10.1109/ICEE.2010.847>

**CALIDAD
Y MEDIOAMBIENTE**

Quality and Environment

ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN EN LA MEJORA DEL PROCESO DE ENCERADO DE CÍTRICOS

INELVY DE LOS ÁNGELES ARENAS ARRIETA*

<https://orcid.org/0000-0002-5944-9190>

Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Álamo Temapache,
División de Ingeniería Industrial, Veracruz, México

LIDILIA CRUZ-RIVERO

<https://orcid.org/0000-0001-9399-3002>

Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca,
División de Posgrado e Investigación, Veracruz, México

ERNESTO LINCE-OLGUÍN

<https://orcid.org/0000-0002-4810-5587>

Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca,
División de Ingeniería en Gestión Empresarial, Veracruz, México

Recibido: 25 de enero del 2022 / Aprobado: 1 de marzo del 2022

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n42.5320>

RESUMEN: México es considerado uno de los principales productores de cítricos a nivel mundial. El objetivo de este trabajo es presentar el análisis de la operación para la mejora del proceso de encerado de cítricos en una empresa dedicada a esta actividad, ubicada en la localidad de Álamo, Temapache, en el norte del estado de Veracruz. Este análisis se llevó a cabo mediante la aplicación de los diez enfoques del análisis de la operación, con la finalidad de encontrar áreas de oportunidad de mejora para la empresa, a partir de lo cual se propone la implementación de herramientas de manufactura esbelta tales como 5S, Kaizen y mantenimiento autónomo para la optimización del proceso de encerado. Como resultado de este análisis se desarrolló una propuesta de mejora para simplificar los procedimientos operativos, mejorando el manejo de los materiales y utilizando el equipo de manera óptima, lo que le permitirá a la empresa ser más eficiente y productiva.

PALABRAS CLAVE: optimización / manufactura esbelta / cítricos / encerado /

* Correos electrónicos en orden de aparición: inelvyarenas_a1909@hotmail.com; lilirivero@gmail.com; ernesto_lince@hotmail.com

productividad

OPERATION ANALYSIS IN THE OPTIMIZATION OF THE CITRUS WAXING PROCESS

ABSTRACT: Mexico is one of the leading citrus producers worldwide. This work presents an analysis for improving the citrus waxing process in a company dedicated to this activity, located in the town of Álamo, Temapache, in the northern part of the state of Veracruz, Mexico. This study used the ten approaches to operations analysis to find areas of opportunity where the company could improve; the implementation of lean manufacturing tools such as 5s, Kaizen, and autonomous maintenance was suggested to optimize the waxing process. As a result of this analysis, an improvement proposal was developed regarding simplifying operating procedures, improving the handling of materials, and optimal use of equipment, allowing the company to be more efficient and productive.

KEYWORDS: Optimization / Lean Manufacturing / Citrus / Waxing / Productivity

1. INTRODUCCIÓN

México es uno de los países productores de cítricos que exporta a Estados Unidos, y que requiere de nuevos mercados para convertirse así en el líder. Ruíz Rodríguez et al. (2017) señalan que:

La exportación de cítricos de México es una de las actividades económicas más relevantes para el sector agrícola nacional, de la cual destaca la exportación de limón que ha incrementado considerablemente en los últimos años. México se coloca entre los países líderes en producción y exportación del cítrico, siendo Estados Unidos de Norteamérica el principal receptor del producto, seguido de Japón. (p. 77)

Con la apertura de nuevos mercados en el extranjero, México podrá ampliar su producción y generar nuevas variedades de cítricos que son requeridos en otros países. Desde el momento en que los frutos cítricos son recolectados hasta su comercialización y consumo se inicia un proceso de deterioro natural, que conducirá a la pérdida del producto en un corto periodo de tiempo si no se realizan procesos de manipulación y conservación para evitarlo (Zayas Barreras, 2019).

El Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON) menciona que en México, el estado de Veracruz es el principal productor de cítricos, el cual representa el 38 % de la superficie plantada en el país, seguido en importancia San Luis Potosí (9 %), Michoacán (8 %), Tamaulipas (7 %), Nuevo León (6 %), Colima (6 %), Tabasco (5 %), Oaxaca (4 %), Yucatán (4 %) y Puebla (4 %); estos 10 estados en conjunto representan el 91 % del total de cítricos en el país. La infraestructura económica con que cuenta el sistema productor de cítricos lo ubica en tercera posición en importancia entre todos los cultivos agrícolas en la República Mexicana (Consejo Estatal de Cítricultura en Veracruz [CONCITVER], 2021).

El encerado de frutas es un tratamiento que se aplica para la conservación de estos productos y que consiste en la aplicación de una capa artificial de cera sobre frutas de cortezas céreas (cítricos), para disminuir la deshidratación, la tasa respiratoria y, por lo tanto, la oxidación, protegerlas de microorganismos y hacer que visualmente resulten más atractivas para su venta (López-Camelo, 2003).

Para cumplir estos objetivos se utiliza un conjunto de técnicas que giran alrededor de la línea de manipulación, cuyos elementos básicos son: volcado, lavado, secado, selección de fruta, encerado, secado, almacenamiento y expedición.

En términos de valor, los cítricos son las frutas de mayor importancia en el comercio internacional, con una producción de 96 millones de toneladas. Pueden distinguirse dos mercados nítidamente diferenciados. Uno corresponde a los productos frescos, principalmente naranjas, encabezado por España; y también limas y limones, donde a la punta va México. El otro es el mercado de productos cítricos, principalmente jugo de naranja, dominado por Brasil (182 998 950 toneladas), mientras que la producción de naranja en México es de 4 533 427 toneladas (Maya Ambía, 2017).

En Colombia, los cítricos participan con el 18,10 % de la producción total de frutales con un volumen de 1 185 842 toneladas. La naranja es el cítrico más importante, con una proporción estimada de 550 000 toneladas; sin embargo, la presencia en el escenario internacional es limitada, debido a varios factores: el volumen del producto, calidad, variedad y oferta constante para abastecer los mercados; lo cual contrasta con países productores vecinos que ven a Colombia como un destino de sus exportaciones (Arias y Suárez, 2016).

En una empresa enceradora de cítricos, ubicada en la localidad Estero del Ídolo (municipio de Álamo Temapache, en Veracruz, México), se lleva a cabo el proceso de encerado de cítricos, siendo una de las más reconocidas de la zona por su mayor cumplimiento y seriedad, pero actualmente no cuenta con una estandarización de sus procesos, no conoce los tiempos de trabajo en relación a la cantidad de materia prima, la organización del trabajo es insuficiente, existiendo continua rotación de personal, por lo que requiere de una optimización en su proceso, ya que, como toda empresa, desea obtener mayores beneficios a partir de una disminución de costos, aumentando los estándares de calidad exigidos por el mercado actual y, desde luego, satisfaciendo las necesidades de sus clientes; por ello es necesario implementar una cultura de calidad.

Según cifras de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) (2021), durante los años 2009 al 2013 se ha mantenido Brasil como el primer productor de naranja a nivel mundial, con una producción alrededor de 182 998 950 toneladas, seguido de Estados Unidos de América con una producción de 7 911 924 toneladas, el tercer lugar le pertenece a China con una producción de 6 268 169 toneladas, el cuarto y quinto lugar le corresponden a India y México con una producción de 5 305 070 toneladas y 4 080 310 toneladas, respectivamente, situación que coloca a México con potencial para mejorar las técnicas de conservación con fines de extender la vida de anaquel de los frutos y ganar más posicionamiento en el mercado.

A partir del análisis de la operación, con sus diez enfoques, se plantea encontrar áreas de mejora para optimizar el proceso de encerado, estudiando todos los elementos productivos y no productivos del proceso, aumentando la calidad del proceso y del servicio mediante la implementación de la filosofía *lean manufacturing*.

La empresa Enceradora de Cítricos González está categorizada dentro de las pymes de mayor importancia de la región. Actualmente, la empresa requiere de un análisis de la situación de sus procesos para mejorar la calidad del producto encerado y, a su vez, el servicio en general brindado a sus clientes, optimizando tanto los tiempos del proceso de encerado y de entrega, como la cantidad de materia o producto utilizado.

En la zona de Álamo, la citricultura es el principal detonante económico, ya que un 90 % de su territorio geográfico cuenta con sembradíos de cítricos, destacándose la naranja en diferentes variedades. Por ello es importante seguir impulsando la economía agrícola y una forma de hacerlo es contribuir con la salida de los cítricos de la región,

buscando mejorar los procesos de encerado de la fruta que, como ya se mencionó, le otorga un alce a su presentación, y, por lo tanto, a su comercialización (López, 2015).

Para la realización de este trabajo, se identificaron las etapas más significativas en el proceso de encerado, con la finalidad de detectar cuáles eran aquellas actividades que no agregaban valor al proceso, estudio que se realizó con los 10 enfoques del análisis de la operación; análisis que consiste en un proceso de investigación sobre las operaciones en la fábrica o el trabajo, este proceso se efectuó con la finalidad de lograr la estandarización de las operaciones, lo cual incluye el estudio de tiempos y movimientos y análisis de las etapas del proceso (Freivalds & Niebel, 2014), por lo que el análisis de la operación fue útil para dar seguimiento al método propuesto y la mejora de procesos.

En el presente trabajo se propone el análisis de la operación para mejorar la calidad del servicio de encerado, el cual traerá como beneficio el aumentar la competitividad de la empresa en el sector y brindar una solución al problema del aspecto comercial de la naranja, logrando que los productores puedan introducir el cítrico al mercado con menor problema.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

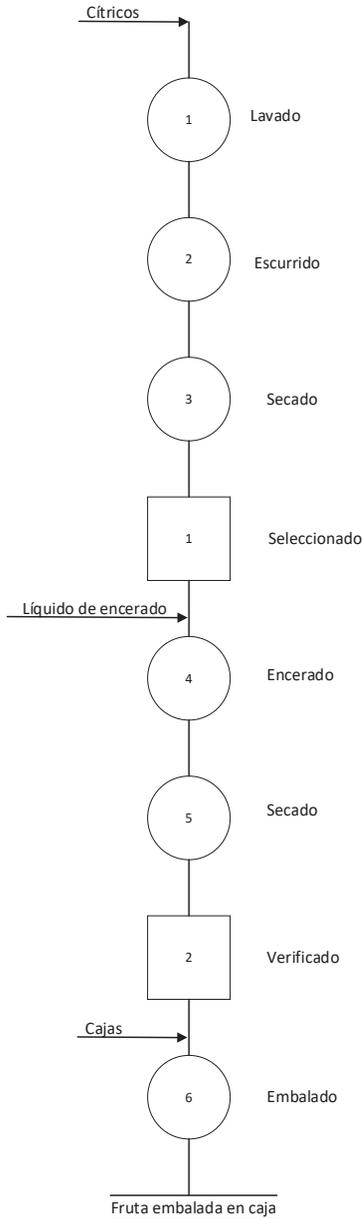
El presente trabajo tiene un enfoque descriptivo de tipo cualitativo, realizado en la empresa Enceradora de Cítricos González, con más de 20 años de experiencia al servicio de los citrícolas. Para este caso de estudio, el proceso metodológico del análisis de la operación consistió en definir, analizar y caracterizar los diferentes componentes del método actual, inmediatamente después se obtuvieron y presentaron los hechos mediante el uso de herramientas útiles para describir el proceso como los diagramas de flujo de procesos (véase figura 1). Con esta herramienta, el analista revisó cada operación e inspección que se presenta gráficamente y realizó una serie de preguntas, las más importantes fueron (Freivalds & Niebel, 2014):

- ¿Por qué es necesaria esta operación?
- ¿Por qué esta operación se lleva a cabo de esta manera?
- ¿Por qué estas tolerancias son tan estrechas?
- ¿Por qué se ha especificado este material?
- ¿Cómo puede llevarse a cabo esta operación de una manera mejor?
- ¿Quién puede realizar mejor esta operación?
- ¿Dónde puede realizarse la operación a un menor costo o con una mayor calidad?
- ¿Cuándo debe realizarse la operación para invertir la menor cantidad de manejo de materiales?

Para realizar el análisis de los procesos, se inició a partir de la descripción del proceso, el cual se muestra en la figura 1.

Figura 1

Diagrama del proceso de encerado de cítricos



En la figura 2, mediante un diagrama de proceso de flujo se muestra la distancia recorrida por la fruta desde el almacén hasta el área de lavado y cuando sale del horno de secado hacia su empaquetado.

Figura 2

Diagrama de proceso de flujo del encerado de cítricos

Elaborado por:	Inelvy Arenas Arrieta	Operación	6				
Revisado por :	Lidilia Cruz Rivero	Inspección	1				
Fecha:	Noviembre de 2020	Operación Combinada	0				
Observaciones: Porceso realizado sin observaciones o irregularidades		Demora	0				
		Transporte	3				
		Almacén	2				
Descripción de la actividad	Símbolo					Distancia metros	Recomendaciones
	○	⇒	D	□	▽		
Almacenamiento de la fruta					*		
Descarga de la fruta			*				
Transporte a lavado			*			6	
Lavado de la fruta	*						
Escurrimiento	*						
Secado de agua	*						
Selección de la fruta	*						
Encerado	*						
Secado de la cera	*						
Transporte a almacén			*			7	
Verificación del producto				*			
Embalaje					*		

Una vez descritas las actividades en el diagrama de flujo, se emplearon los 10 enfoques del análisis de la operación (Freivalds & Niebel, 2014) en el proceso de encerado de cítricos:

- a. Finalidad de la operación
- b. Diseño de la pieza
- c. Tolerancias y especificaciones
- d. Materiales
- e. Proceso de manufactura
- f. Preparación y herramental
- g. Condiciones de trabajo
- h. Manejo de materiales
- i. Distribución del equipo en la planta
- j. Principios de la economía de movimientos

2.1 Finalidad de la operación

La finalidad del encerado de cítricos es brindarle a la fruta un mejor aspecto físico para su salida hacia el mercado. En este punto es importante analizar si se puede eliminar o combinar alguna operación dentro de todo el proceso; entonces surgen dos preguntas: la primera, ¿por qué es importante el aspecto físico de los cítricos al momento de colocarlos en el mercado?, ¿qué pasaría si se omitiera alguna de las actividades descritas en el diagrama de procesos? Para responder a estas preguntas, se analizará la importancia de los procesos (véase figura 1):

- a. Lavado: los cítricos se lavan en la línea de tratamiento con la finalidad de eliminar al máximo la suciedad y los residuos que están sobre la corteza, como polvo, barro, esporas, plagas, melazas y residuos de tratamientos.
- b. Secado: la fruta debe estar totalmente seca para una correcta adherencia de la cera, ya que, de lo contrario, se perderían todas las ventajas del encerado.
- c. Selección: esta actividad debe realizarse antes del encerado para evitar desperdiciar la cera en algún fruto que no se encuentre en buenas condiciones.
- d. Encerado: restituir a los cítricos la cera que se ha eliminado durante el lavado, para evitar pérdidas excesivas de peso y mejorar su apariencia externa, proporcionándoles un brillo más intenso y uniforme.
- e. Secado: como la fruta queda húmeda después del encerado, es necesario pasarla nuevamente por el túnel de secado para su manipulación.

Estas actividades no pueden ser eliminadas ni combinadas porque afectarían el resultado del encerado de los cítricos, por eso deben cumplirse en el orden mencionado.

2.2 Diseño de la pieza

Los requisitos de los clientes son que la fruta esté sin defectos externos, limpia, sin zonas podridas y con una buena presentación, por lo que la calidad de la fruta se basa en parámetros como: sanidad, firmeza, limpieza, tamaño, peso, color, condición, forma, madurez y ausencia de materias extrañas, enfermedades y daños de insectos, así como de daños mecánicos.

Figura 3

Comparación entre una naranja normal y otra encerada



2.3 Tolerancias y especificaciones

La calidad de los cítricos depende de su sanidad y presentación. Los frutos deben estar sanos, de consistencias firmes, exentas de descomposición o deterioro, exentas de materias extrañas visibles, de magulladuras, de daños ocasionados por insectos y/o microorganismos, por bajas temperaturas, y exentas de humedad externa y de olores y sabores extraños y de cualquier otro factor que los haga impropios para el consumo humano.

Uno de los principales problemas de la poscosecha lo constituye el llamado hongo verde, *Penicillium digitatum* (Sacc.), y el hongo azul, *Penicillium italicum* (Whem). Su difusión y multiplicación se lleva a cabo por medio de sus esporas que se encuentran dispersas en el aire. Las esporas no se desarrollan en frutas sanas, penetran en la fruta a través de los golpes y heridas ocasionados durante la recolección, transporte y manejo de la fruta.

Figura 4

Imagen de una naranja sana, madura y podrida



2.4 Material

El material de mayor importancia en el proceso es la cera; sin embargo, antes de su aplicación, como ya se explicó, los cítricos pasan por el proceso de lavado donde además del agua, existe otro recurso importante: el desinfectante. El hipoclorito de sodio (cuya disolución en agua es conocida como cloro) es utilizado como desinfectante, ya que es letal para varios microorganismos, virus y bacterias vegetativas. En la operación de lavado se utilizan concentraciones entre 100 y 200 ppm.

2.5 Proceso de manufactura

Las frutas deben lavarse en la línea de tratamiento con la finalidad de eliminar al máximo la suciedad y los residuos que estén sobre la corteza y, por consecuencia, estas pierden en parte su cera natural, lo cual obliga a su reposición para evitar que la fruta se deshidrate más rápido y por consiguiente pierda su valor comercial.

Figura 5

Descarga de fruta hacia la línea de tratamiento



Es importante anotar que antes de que la fruta llegue a la sección de encerado, esta es seleccionada, desechando aquella que no cumpla con las especificaciones físicas exigidas por el mercado.

La separación de la fruta en función de la calidad (ausencia de defectos) es obligatoria por las normas de calidad y como requisito de los clientes. La selección se debe de hacer sobre toda la superficie de la fruta, por lo que se necesita que a la vez que avanza, se produzca la rotación de la fruta.

Figura 6

Encerado de la fruta



Después del encerado, vuelve a pasar por el horno para secar la cera con la que ha sido impregnada la fruta. La fruta es redirigida hacia el área de embalaje, en donde el personal la acomoda en rejas de plástico para darle una salida más segura del lugar.

2.6 Preparación y herramental

A continuación, se enlistan las herramientas y equipos utilizados en cada parte del proceso de encerado:

- a. Recepción de materia prima: frutas en cajas o contenedores.
- b. Volcado.
- c. Lavado: el sistema de lavado utilizado reduce el consumo de agua mediante el uso de boquillas de menor caudal.
- d. Encerado: el aplicador de cera lleva incorporado un sistema de control automático de la dosificación en función del flujo de fruta que llega al equipo. El recubrimiento se aplica mediante boquillas.

Figura 7

Ejemplo de máquina enceradora



- e. Secado: se utilizan túneles de secado, que constan de un quemador de gas y un sistema de intercambio de calor.

2.7 Condiciones de trabajo

En el caso de la enceradora, esta se encuentra en un espacio semicerrado, lo que permite estar a una temperatura ambiente con sombra. Por el proceso que se realiza en la enceradora no es necesario contar con un sistema de ventilación artificial. Durante el flujo de cítricos, por la línea de tratamiento, el ruido emitido es bajo (menor a 40 dB) y aunque existen vibraciones durante el proceso de encerado y lavado, al no entrar en contacto con el personal, no se consideran peligrosas; en cuanto al nivel de ruido en la máquina lavadora, este aumenta a los 70 u 80 dB. Según lo estipulado en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2002), es a partir de los 85 dB que se tendría que usar algún equipo de protección personal, y de los 90 dB en adelante, la norma establece los límites máximos de tiempo expuestos permitidos para el personal.

2.8 Manejo de materiales

En la enceradora, el manejo de materiales es eficiente. Aunque el volcado de los cítricos se hace manualmente, el tiempo de tratamiento de la fruta no es tardado; el volcado inicia con un almacenamiento temporal de la fruta, para luego hacerla rodar manualmente hacia la banda transportadora para ser lavada.

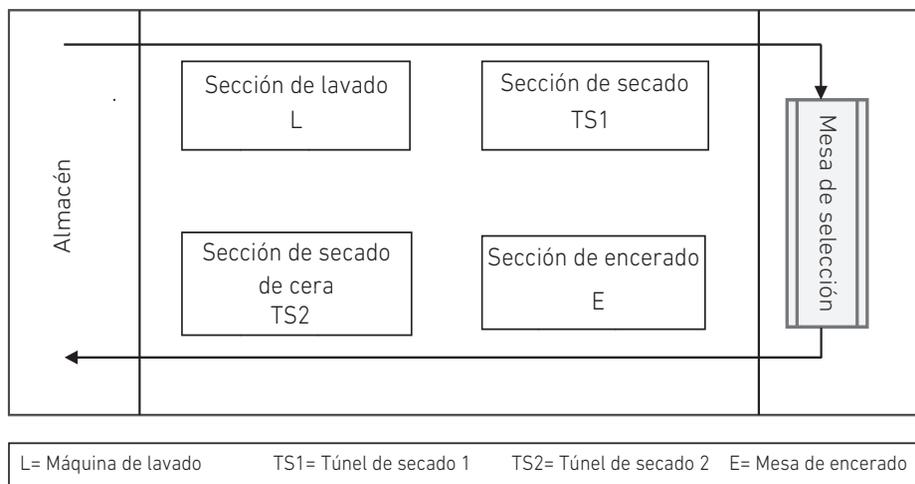
2.9 Distribución del equipo en la planta

La enceradora cuenta con una distribución por producto, o como mejor se le conoce, distribución en línea, en la cual los cítricos se organizan en una línea de acuerdo con la secuencia de operaciones que se deben realizar para llevar a cabo el encerado de la

fruta. Se cuenta con 3 líneas de proceso, en las cuales cada una se sigue la distribución que se muestra en la figura 8.

Figura 8

Layout del proceso de encerado



Esta distribución permite el manejo eficiente de materiales, ya que el traslado y la manipulación de los cítricos se reduce por todo el proceso, permitiendo una buena conservación de la fruta, al protegerla, por ejemplo, de golpes o caídas.

2.10 PRINCIPIOS DE LA ECONOMÍA DE MOVIMIENTOS

El objetivo fundamental del estudio de movimientos es el de reducir o eliminar aquellos que resultan innecesarios y simplificar aquellos que sí lo son para el desarrollo de cualquier actividad, en la que necesitemos de nuestro cuerpo para llevarla a cabo. Dichos principios no se cumplen en el área de almacenamiento de la fruta encerada, lo que provoca una rápida fatiga en el personal y en situaciones más delicadas, lesiones en la espalda.

3. RESULTADOS

Después del análisis de los 10 enfoques se evaluaron las áreas de trabajo para detectar los niveles de organización, orden y limpieza que existían en la empresa y así comenzar a introducir la cultura de mejora continua. Fue necesario aplicar un cambio en la cultura de trabajo mediante la práctica planificada de los conceptos básicos de la calidad total. La implantación del método de las 5S supone un pilar básico para edificar un proceso de mejora continua firme y duradera.

Respecto a los resultados del análisis, se determinó que con base al enfoque de *finalidad de la operación* (procesos de lavado, secado, selección, encerado y secado) estas actividades no podían ser eliminadas, pero sí mejoradas, estableciendo que en el plan de mejora se analizaran los tiempos y movimientos respecto a las actividades que realizaban los operarios en la manipulación y traslado de la fruta.

En relación al *diseño de la pieza*, se analizaron características de calidad necesarias para la aceptación de los clientes que incluyen aspectos como sanidad, firmeza, limpieza, tamaño, peso, color, condición, forma, madurez y ausencia de materias extrañas, enfermedades y daños de insectos, así como de daños mecánicos.

Sobre *las tolerancias y especificaciones*, las cuales son determinadas por el cliente, se consideraron aspectos como que el producto debe estar sano, de consistencia firme, exento de descomposición o deterioro, exento de materias extrañas visibles, de magulladuras, de daños ocasionados por insectos o microorganismos, al ser esto un indicador de aceptación o rechazo, debe ser punto focal en el análisis, por lo que se sugirió un estricto control de calidad sobre el proceso.

Una vez analizado el *material y el proceso de manufactura*, se especificó que debería existir uniformidad con la sustancia con la que la fruta es lavada y desinfectada (hipoclorito de sodio) y encerada, así como llevar a cabo un plan de mantenimiento para la *maquinaria y equipo* que forme parte del proceso de descarga, separación y encerado.

Respecto a la aplicación de los principios de *economía de movimientos*, se sugirió dentro de un plan Kaizen el implementar 5S, así como capacitar al personal sobre la importancia de hacer uso efectivo de los movimientos dentro del área de trabajo, así como evitar recorridos innecesarios.

La implementación de la metodología Kaizen en la empresa se detalla en la figura 9.

Figura 9

Diagrama de bloques de la metodología Kaizen en la empresa



El primer paso de la metodología Kaizen es preparar al personal para su implementación, analizar las operaciones identificando posibles ahorros de tiempo y dinero; esto es reconociendo posibles oportunidades de mejora al observar desperdicios en la línea de producción.

Implementación de las 5S

Los eventos Kaizen pueden presentarse a partir del análisis de las 5S, con el surgimiento de ideas de mejora. Cuando se logren satisfactoriamente el cumplimiento de las tres primeras "S", la estandarización y el seguimiento darán pie a la introducción de la mejora continua.

Ahora se detallan las sugerencias y el plan de acción para la metodología de las 5S.

Primera S, Seiri (organizar)

Acciones a realizar:

- Revisar el área de trabajo.
- Separar lo que sirve de lo que no sirve.
- Ubicar los elementos de acuerdo a su frecuencia de uso.

Segunda S, Seiton (ordenar)

Acciones a realizar:

- Contar con un control visual que identifique herramientas y materiales.
- Colocar y distribuir las cosas en el lugar que les corresponde.
- Mantener la ubicación de las cosas de manera que se pueda acceder a ellas fácilmente.

Tercera S, Seiso (limpiar)

Acciones a realizar:

- Eliminar la causa raíz de cualquier tipo de fuente de contaminación.
- Integrar la limpieza como parte del trabajo cotidiano.

Cuarta S, Seiketsu (estandarizar)

Acciones a realizar:

- Entrenar y capacitar al trabajador en cuanto a normas y reglas (de lubricación, limpieza) de manera que se fomente el mantenimiento autónomo.
- Distribución y descripción general de áreas, equipos, herramientas, materiales, etcétera.

Quinta S, Shitsuke (disciplinar)

Acciones a realizar:

- Respetar los estándares y normas establecidas para mantener el área de trabajo limpia y organizada.
- Realizar por el propio trabajador un control personal de sus actividades.
- Promover el hábito en el trabajador acerca de en qué medida se están cumpliendo las normas y estándares y que debe hacerse.

El objetivo principal de un evento Kaizen es que, una vez finalizado cada proceso de mejora, la empresa identifique cambios medibles en los resultados, por ejemplo, la reducción de desperdicios.

Para trabajar con la reducción de los desperdicios es necesario aplicar el ciclo de Deming, ya que es la base para el progreso continuo, pues al ser un proceso cíclico se está repitiendo, buscando mejorar lo que ya se tiene:

- a. Planificar (*plan*)
- b. Hacer (*do*)
- c. Controlar o verificar (*check*)
- d. Actuar (*act*)

4. CONCLUSIONES

La naranja es la fruta de mayor consumo en México y es una de las frutas más accesibles por su precio, llegando a todos los estratos económicos de la población y generando una gran actividad económica en toda la red de valor, desde las actividades de provisión de insumos, mantenimiento y producción de huertos, transportación, empaque de fruta, industrialización, comercialización y servicios.

En la etapa de poscosecha de cítricos, el uso de ceras es considerado una buena alternativa para controlar las pérdidas de calidad, desórdenes fisiológicos y patológicos. Como se explicó en el presente trabajo, la importancia del encerado de la fruta radica en sustituir la cera natural que pierde cuando esta es lavada con el fin de eliminar cualquier rastro de suciedad o contaminante, para mantener una mejor apariencia en el mercado, aplazando su estado de putrefacción e incrementando el periodo de comercialización.

El análisis de operaciones puede definirse como un procedimiento sistemático empleado para estudiar todos los factores que afectan el método con que se realiza una operación, para lograr la máxima economía general. A través de este estudio, se encuentra el mejor método disponible para llevar a cabo cada una de las partes

necesarias de una operación, y se incorporan nuevas estrategias conforme se van descubriendo en el continuo esfuerzo por hacer que cada trabajo dé un paso más hacia la automatización continua.

Gracias a esta herramienta, se analizaron todos los elementos productivos y no productivos de una operación con vista a su mejoramiento. Este análisis fue muy efectivo en el mejoramiento de las actividades existentes. Con los ahorros obtenidos de procesos, movimientos, diseño del lugar de trabajo, etcétera, la empresa puede realizar ahorros reales en todos estos puntos, los cuales se reflejarán en la productividad de los empleados.

Los 10 enfoques del análisis de la operación son una gran herramienta de la ingeniería industrial, ya que ayudan a la organización de la empresa al asegurar la calidad de sus productos y servicios, reduciendo los defectos en el trabajo, promoviendo el entusiasmo del operador al mejorar las condiciones laborales y minimizando la fatiga, ya que con frecuencia las operaciones innecesarias son el resultado de una planificación inadecuada al realizar un trabajo.

Gracias a este análisis se ha podido desarrollar una propuesta de mejora que simplifique los procedimientos operativos, mejorando el manejo de los materiales y la utilización del equipo de manera óptima, permitiéndole a la empresa ser más eficiente y productiva. La aplicación de las 5S es una herramienta fundamental en toda empresa que desea ser competitiva. Son la base en la que se puede afirmar la supervivencia de la empresa, ya que una correcta aplicación de esta metodología logrará aumentar la eficiencia y eficacia de la misma.

La enceradora de cítricos no debe de dejar de aplicar las 5S en todas sus áreas y procesos, ya que son una pieza fundamental en el logro de una mayor motivación y disciplina del personal en los puestos de trabajo. Y para que la empresa pueda mantener una posición dentro del mercado como empresa competente, es indispensable que constantemente se estén realizando estudios en la enceradora para poder detectar mejoras y sacar el máximo provecho de los recursos, materiales y procesos. De aquí la importancia de que se implemente una cultura de mejora continua.

La empresa debe asumir que es necesario realizar cambios y ver la mejora continua como una actividad clave para aspirar a ser competitiva en un entorno de libre mercado, porque de otra forma, se corre el riesgo de quedarse con recursos obsoletos y acabar quebrando.

También es importante que se inicie con la implementación del mantenimiento autónomo, que al igual que el Kaizen, es un pilar del mantenimiento productivo total (TPM, *total productive maintenance*), el cual tiene como objetivo aumentar la productividad, la eficiencia y la seguridad mediante el empoderamiento de los operadores para desempeñar un papel proactivo en la lubricación, inspección y limpieza cotidianas.

El mantenimiento autónomo ayudará a los trabajadores a crear una cultura de responsabilidad, aplicando el mantenimiento más sencillo a los equipos y maquinarias de la empresa; este tipo de mantenimiento será el resultado de las actividades de los equipos de producción que respetan las reglas de las 5S.

Su correcta aplicación será de gran beneficio para la enceradora, ya que aumentará la disponibilidad de las máquinas, se reducirán los costos de mantenimiento, disminuirá la existencia de riesgos laborales, habrá una apropiada interacción y entendimiento entre la máquina y el operador; y al reducir la aparición de fallas en la línea de encerado, no tendrá que pararse todo el proceso y esperar por una reparación.

REFERENCIAS

- Arias, F., & Suarez, E. (2016). Comportamiento de las exportaciones de limón persa (*Citrus latifolia tanaka*) al mercado de los Estados Unidos. *Journal of Agriculture and Animal Sciences*, 5(2).
- Consejo Estatal de Cítricultura en Veracruz. (2021). *La cítricultura en Veracruz*. http://www.concitver.com/15_9citricultura.html
- Freivalds, A., & Niebel, B. W. (2014). *Ingeniería industrial de Niebel: Métodos, estándares y diseño del trabajo* (13.ª ed.). McGraw-Hill Interamericana
- López, S. (2015). *Cítricultura, principal detonante económico de Álamo*. Quadratín Veracruz. <https://veracruz.quadratín.com.mx/Citricultura-principal-detonante-economico-de-Alamo/>
- López-Camelo, A. F. (2003). Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas. Del campo al mercado. *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO*, 151. <https://www.fao.org/3/y4893s/y4893s00.htm>
- Maya Ambía, C. J. (2017). Cítricos mexicanos en el mercado japonés: experiencias y oportunidades para Sinaloa. *México y la Cuenca del Pacífico*, 6(16), 107-142. <https://doi.org/10.32870/mycp.v6i16.523>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2002, 17 de abril). Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001. Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. <http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/noms/Nom-011.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021). *Frutos cítricos*. <http://www.fao.org/3/y5143s/y5143s0z.htm>
- Ruíz Rodríguez, R., Vela Hernández, G. V., & Moreno Luce, R. G. (2017). Exportación de

cítricos mexicanos, alternativas para el mercado de exportación. *Horizontes de la contaduría en las Ciencias Sociales*, 3(6), 77-85. https://www.uv.mx/iic/files/2017/12/horizontes_06_art09.pdf

Zayas Barreras, I. (2019). Administración y distribución de productos cítricos en la Región del Évora, Sinaloa. *Revista Electrónica sobre Cuerpos Académicos y Grupos de Investigación*, 6(12). <http://www.cagi.org.mx/index.php/CAGI/article/view/191>

COMPARACIÓN DE MODELOS CINÉTICOS ISOTÉRMICOS DURANTE LA ADSORCIÓN DE PLOMO MEDIANTE *ÁZOLLA CAROLINIANA**

HUGO ROMERO-BONILLA**

<https://orcid.org/0000-0002-7846-0512>

Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Químicas
y de la Salud, El Oro, Ecuador

JUAN CARLOS LUQUE VERA

<https://orcid.org/0000-0002-8901-7110>

Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Agronomía, Portoviejo, Ecuador

ANDRÉS CASTILLO SÁNCHEZ

<https://orcid.org/0000-0002-8053-2343>

Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Químicas
y de la Salud, El Oro, Ecuador

WASHINGTON ESPINOZA RAMÓN

<https://orcid.org/0000-0003-4151-2347>

Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Químicas
y de la Salud, El Oro, Ecuador

LUIS OLIVERA MONTENEGRO

<https://orcid.org/0000-0002-0151-7031>

Universidad Ignacio de Loyola, Ingeniería de Industrias Alimentarias
Lima, Perú

Recibido: 2 de marzo 2022 / Aprobado: 23 de marzo de 2022

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n42.5792>

RESUMEN: Los metales pesados constituyen un riesgo para la salud pública de las poblaciones que consumen agua contaminada por estos elementos químicos. En este sentido, el tratamiento de aguas residuales que incorpore la remoción de iones metálicos es causa de múltiples investigaciones a nivel mundial. El objetivo de esta investigación

* Todos autores han contribuido con la misma intensidad en el diseño, obtención de datos, análisis, revisión crítica de su contenido y aprobación final de la versión publicada.

** Correos electrónicos en orden de aparición: hromero@utmachala.edu.ec; juan.luque@utm.edu.ec; aecastillos_est@utmachala.edu.ec; wespinoza@utmachala.edu.ec; lolive-ra@usil.edu.pe

fue determinar la capacidad de remoción del plomo (Pb) presente en aguas sintéticas y la intensidad de adsorción del helecho *Azolla caroliniana* por este metal. Se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica para determinar la concentración del plomo adsorbido. A partir del gráfico de isotermas de Langmuir se determinó que, para los 4 reactores utilizados, el tipo de sistema isotérmico era desfavorable para esta isoterma (RL's mayor a 1). Por su parte, las gráficas de las isotermas de Freundlich para los 4 reactores permitieron establecer los modelos lineales del comportamiento cinético de la adsorción de plomo mediante *Azolla caroliniana*, obteniendo el mejor R² y la mayor intensidad de adsorción (n) de Pb (0,122) para el reactor D (30 ppm de Pb).

PALABRAS CLAVE: *Azolla caroliniana* / absorción / biorreactor / remoción

COMPARISON OF ISOTHERMAL KINETIC MODELS DURING LEAD ADSORPTION BY *AZOLLA CAROLINIANA*

ABSTRACT: Water contaminated by heavy metals is a risk to public health. This is the reason behind widespread research on water treatment oriented to removing metal ions. This research determined the intensity of adsorption of lead (Pb) by the *Azolla caroliniana* fern and its capacity to remove lead in synthetic waters. An atomic absorption spectrophotometer was used to determine the concentration of adsorbed lead. Langmuir isotherm graphs showed that the type of isothermal system was unfavorable for the four reactors used in the study (RL's greater than 1). On the other hand, Freundlich isotherm graphs showed the linear models of the kinetic behavior of lead adsorption by *Azolla caroliniana* for the four reactors and enabled us to determine that the best R² and the highest adsorption intensity (n) of Pb (0,122) was achieved with reactor D (30 ppm Pb).

KEYWORDS: *azolla caroliniana* / absorption / bioreactor / removal

1. INTRODUCCIÓN

El hallazgo en aguas residuales, ya sean urbanas o industriales, de iones de metales pesados muy nocivos, tales como el plomo (Pb), es un grave problema para el medio ambiente con una creciente muy preocupante, porque aún en bajas concentraciones son tóxicos (Maldonado et al., 2012).

El plomo es considerado como un potente contaminante del medio ambiente, afecta a la atmósfera, al suelo y al agua. Las emisiones de plomo más importantes se dan en la minería, en la industria metalúrgica y en los procesos de transformación de este metal para su uso industrial (Sharma & Dubey, 2005).

Dentro de la industria, los compuestos más importantes son los óxidos de plomo y tetraetilo de plomo. Ya que estos pueden encontrarse en industrias de vidrio y cerámica, refinación del petróleo, fabricación de baterías y en operaciones mineras (Altamirano Pavón, 2015).

El plomo aunque se encuentre en bajos niveles de exposición llega a ser tóxico para el organismo, si se encontrase plomo en los líquidos biológicos, quiere decir que ha ingresado de manera externa en nuestros alimentos y/o a la exposición de este metal sin la debida protección (Rodríguez et al., 2016).

Debido a su toxicidad, la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA) ha fijado un máximo nivel de concentración de iones de Pb para el agua potable de consumo humano, que es de 0,015 mg/L; en México, la Ley General de Salud en Materia del Control Sanitario de las Actividades, Establecimientos, Servicios y Productos tiene como reglamento o establece 0,05 mg/L de plomo límite de concentración en agua para consumo humano. La investigación sobre el Pb es un tema de gran interés en la actualidad, por cuanto se desconoce su uso biológico, debido a que es muy tóxico para la mayoría de los seres vivos (Altamirano Pavón, 2015).

La mayoría de las plantas absorben metales pesados del suelo y esto depende de la especie vegetal a la que pertenezca (Shmaefsky, 2020). La entrada de metales pesados en las plantas es esencialmente producida a través de la raíz. Tal absorción se produce como efecto del gradiente de potencial electroquímico de la membrana del plasma en las células de las raíces de las plantas, lo cual conduce a los cationes al interior de dichas células (Sánchez et al., 2011).

La utilización de biomasa de algas, hongos y bacterias como material adsorbente se considera como una alternativa viable para la remoción de contaminantes desde aguas residuales (Tejada-Tovar, Villabona-Ortiz, & Garcés-Jaraba, 2015). Estos procesos de adsorción e intercambio iónico son considerados como una alternativa muy eficiente. Sin embargo, la eliminación de los metales en los medios, donde hay considerable volumen de agua, puede ser algo costoso y desafiante, debido al lugar y a los tipos de metales

que están presentes. Los metales pesados son responsables de diversos riesgos para la salud en seres humanos, pertenecientes a su propiedad de persistencia y bioacumulación (Rai, 2008). Cabe mencionar, la importancia de la bioadsorción es que por ser una "tecnología limpia" puede ser utilizada en procesos de remediación del ambiente, para remover metales y descontaminar las aguas residuales, para posteriormente poder ser devueltas a los distintos afluentes (Dávila Molina & Bonilla, 2011).

Adicionalmente, los métodos convencionales para la recuperación de metales de aguas residuales diluidas (p. ej., precipitación química, intercambio iónico, evaporación, galvanoplastia, intercambio iónico y procesos de membrana) son ineficientes, tienen un alto costo por kilogramo recuperado y requieren altos reactivos/energía (Ahmady-Asbchin et al., 2012).

En este sentido, la *Azolla sp.* se presenta como una oportunidad sostenible de remediación de metales pesados en agua, debido a que se ha encontrado que remueve entre 38 % y 50 % de la concentración inicial de cromo al tercer día y alcanza un 63 % de remoción total en el intervalo de concentraciones estudiadas.

Así mismo, la *Azolla* es un helecho acuático con los siguientes grupos funcionales orgánicos: O-H y N-H, lo que indica la presencia tanto de grupos hidroxilo libres, grupos C-H de los grupos metileno ($-\text{CH}_2$) y grupos metilo ($-\text{CH}_3$); C = O del carboxilato ($-\text{COO}-$); N-H de los grupos amida I. Esto sugiere que los grupos amida, hidroxilo, carboxilato y C-O podrían participar en la biosorción en la superficie de *Azolla* debido a los cambios en los números de onda, que resultan del cambio en la energía de enlace en estos grupos funcionales correspondientes. Este estudio indica que el helecho acuático *Azolla*, que está ampliamente disponible a bajo costo, puede usarse como un material biosorbente eficiente para el tratamiento de iones de cobre y níquel en aguas residuales. La isoterma de adsorción de iones de cobre y níquel por piezas secas de este helecho podría describirse adecuadamente mediante el modelo de isoterma de Langmuir. La máxima capacidad de adsorción fue de 0,77 y 0,54 mmol/g para iones de níquel y cobre, respectivamente (Ahmady-Asbchin et al., 2012).

La bioadsorción de metales pesados en soluciones acuosas es considerada una alternativa dentro de la tecnología en el tratamiento de aguas de desecho industrial. La cantidad de metales pesados absorbidos depende no solo del tipo de material absorbente que se utiliza, sino de los tipos de iones metálicos, su temperatura, concentración, pH, fuerza iónica y el efecto de otros metales presentes en dicha solución (Pérez et al., 2018).

En este sentido, se trata de la transferencia selectiva de uno o más solutos desde una fase líquida a partículas sólidas de material biológico e involucra mecanismos químicos y hasta físicos en este proceso (Vizcaino Mendoza & Fuentes Molina, 2015). Los componentes estructurales de los materiales usados en la biosorción contienen moléculas como proteínas, polisacáridos o nucleótidos con diversos grupos polares, entre ellos

carboxílicos (COOH), aminos (NH), fosfatos (PO₄), tioles (SH) e hidroxilos (OH), con capacidad de enlazar al ion metálico por atracción de cargas opuestas (Saeed et al., 2005).

Así mismo, la biosorción posee una amplia gama de ventajas, comparada con técnicas convencionales, las cuales son: intercambio iónico, precipitación química, filtración por medio de membranas, floculación/coagulación, tratamiento electroquímico, ozonización, etcétera (Tejada-Tovar, Villabona-Ortiz, & Garcés-Jaraba, 2015).

Uno de los parámetros a tener en cuenta dentro de la biosorción es el pH, ya que este puede afectar a la solubilidad de los distintos metales pesados o activación de grupos funcionales al interior de la biomasa (Vallejo, 2021). Adicionalmente, los diferentes estudios cinéticos de procesos de biosorción permiten conocer o determinar su velocidad de fijación de los distintos metales en el biosorbente, en un tiempo dado (Siccha, 2012).

Este mecanismo cinético es muy complejo, pudiendo dar interacciones o reacciones entre los distintos grupos funcionales del biosorbente y el soluto, hay que tener en cuenta todos los procesos de transferencia de materia, los cuales son transportes de especies de la fase líquida hasta la superficie del sólido (Siccha, 2012).

El objetivo de la presente investigación fue determinar el tipo de sistema isotérmico que gobierna el proceso de adsorción de soluciones sintéticas de plomo mediante *Azolla caroliniana*.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicó un método experimental, para lo cual se recolectó el helecho de una laguna local para proceder a lavarlo con agua destilada. Las concentraciones de las disoluciones de plomo fueron de 10, 15, 20 y 30 ppm (reactores A, B, C y D, respectivamente) en un litro de agua desionizada, cada una con 24 g de helecho. Se tomaron alícuotas de 10 ml de muestra por cada media hora, durante un lapso de 2,5 horas, para las distintas determinaciones de la biosorción de plomo. Las muestras recolectadas se analizaron con un equipo de espectrometría de absorción atómica (AAS), para determinar la concentración del metal en el equilibrio y poder graficar y establecer el comportamiento de las isothermas de Langmuir y de Freundlich. También se realizaron mediciones de pH a los 4 reactores.

Mediante la ecuación (1) se calculó la concentración de equilibrio para cada uno de los diferentes reactores:

$$C_e = C_{inicial} - C_{final} \quad (1)$$

Donde C_e es la concentración de equilibrio, $C_{inicial}$ es concentración inicial y C_{final} es concentración final de plomo en cada reactor en ppm.

Posteriormente, se procedió con el cálculo de la capacidad de absorción mediante la ecuación del modelo Freundlich (2):

$$\log q = \frac{1}{n} * \log C_e + \log K \tag{2}$$

Donde q es la cantidad de soluto que es absorbido por la biomasa para cada uno de los reactores en un tiempo determinado (mg de metal/g de biomasa), C_e es la concentración en equilibrio; K indica la capacidad de adsorción en la fase de solución; n es el parámetro asociado a la intensidad de la adsorción (Herrejón et al., 2008).

Luego, se procedió con el cálculo de la capacidad de absorción mediante la ecuación del modelo de Langmuir (3).

$$\frac{1}{q} - \frac{1}{b * q_{m\acute{a}x.}} + \frac{1}{q_{m\acute{a}x.}} C_e \tag{3}$$

Donde q es la cantidad de soluto que es absorbido por la biomasa para cada uno de los reactores en un tiempo determinado (mg/g); $q_{m\acute{a}x.}$ es la capacidad máxima de adsorción (mg/g), C_e es la concentración en equilibrio; b es el parámetro de la ecuación relacionada con la afinidad del biosorbente por los iones de Pb.

Podemos evaluar la isoterma de Langmuir con el factor asimétrico R_L (4), el cual nos permite determinar el tipo de sistema isotérmico (véase la tabla 1).

$$R_L = \frac{1}{1 + b * C_i} \tag{4}$$

Tabla 1
Valores para determinar el tipo de sistema isotérmico

$R_L = 0$	Sistema isotérmico irreversible
$0 < R_L < 1$	Sistema isotérmico favorable
$R_L = 1$	Lineal
$R_L > 1$	Sistema isotérmico desfavorable

Finalmente, se determinó una relación entre la concentración de equilibrio con respecto a la capacidad de absorción (g/L) para graficar las isotermas de Langmuir y Freundlich que fueron obtenidas para cada reactor.

3. RESULTADOS

La tabla 2 muestra los valores de K y n para los 4 reactores con concentración de plomo de 10, 15, 20 y 30 ppm, los cuales fueron obtenidos mediante el uso de la ecuación 2 de la isoterma de Freundlich.

Tabla 2

Resultados de la isoterma de Freundlich para la adsorción de Pb en los 4 reactores

	Isotermas de Freundlich			
	10 ppm	15 ppm	20 ppm	30 ppm
Ecuación de la isoterma	$y = 19,71x - 20,423$	$y = 24,845x - 30,144$	$y = 15,943x - 21,115$	$y = 8,1631x - 12,473$
R^2	0,9421	0,9237	0,8397	0,9851
Ordenada (log K)	-20,423	-30,144	-21,115	-12,473
Pendiente ($1/n$)	19,719	24,845	15,943	8,163
K	3,7572E-21	7,17794E-31	7,67361E-22	3,36512E-13
n	0,051	0,040	0,062	0,122

En la tabla se presentan los valores de intensidad de adsorción (n) de Pb en la biomasa, siendo el mayor (0,122) para el reactor D (30 ppm de Pb).

A continuación, se muestran las figuras 1, 2, 3 y 4 que corresponden a las isotermas de Freundlich para las concentraciones de 10, 15, 20 y 30 ppm de Pb respectivamente. En ellas se pueden observar que el mayor coeficiente de correlación (0,9851) lo obtuvo la isoterma con concentración de 30 ppm.

Figura 1

Isoterma de Freundlich para el reactor A

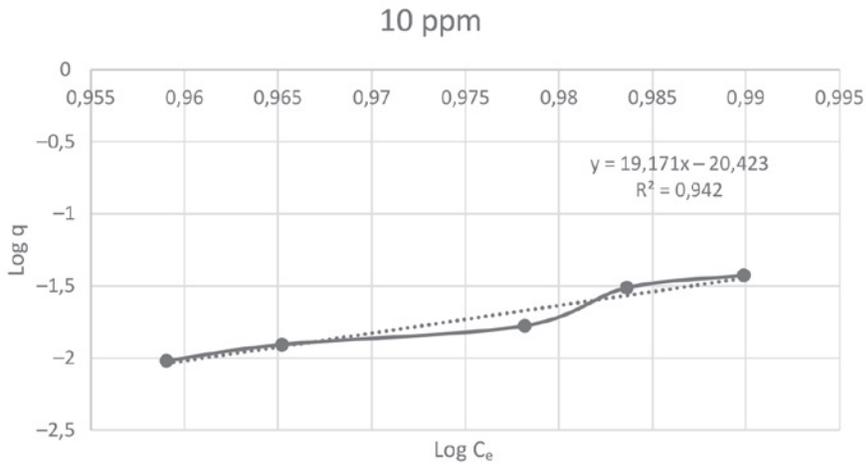


Figura 2

Isoterma de Freundlich para el reactor B

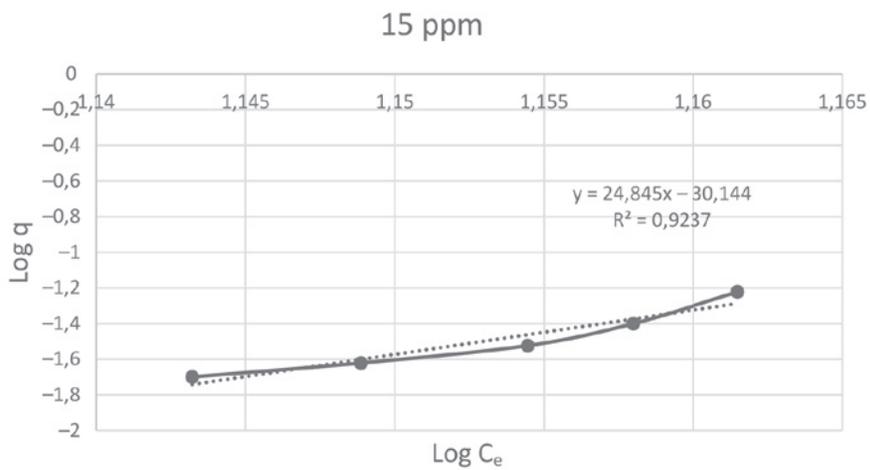


Figura 3

Isoterma de Freundlich para el reactor C

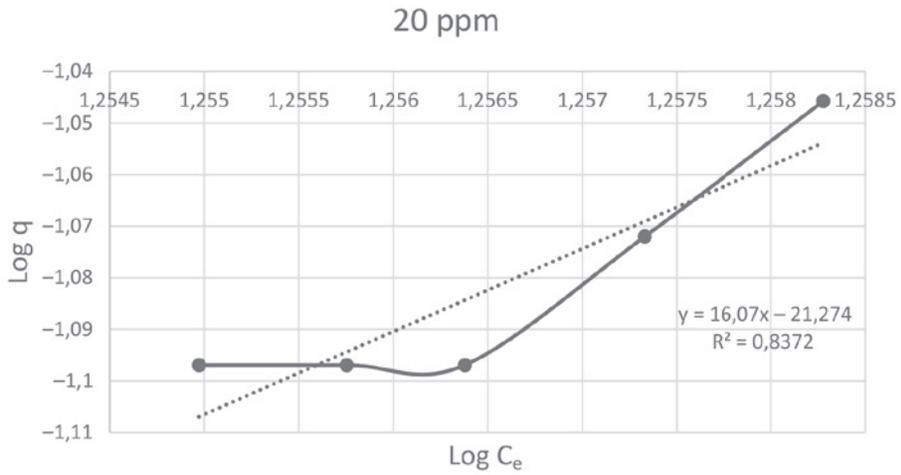
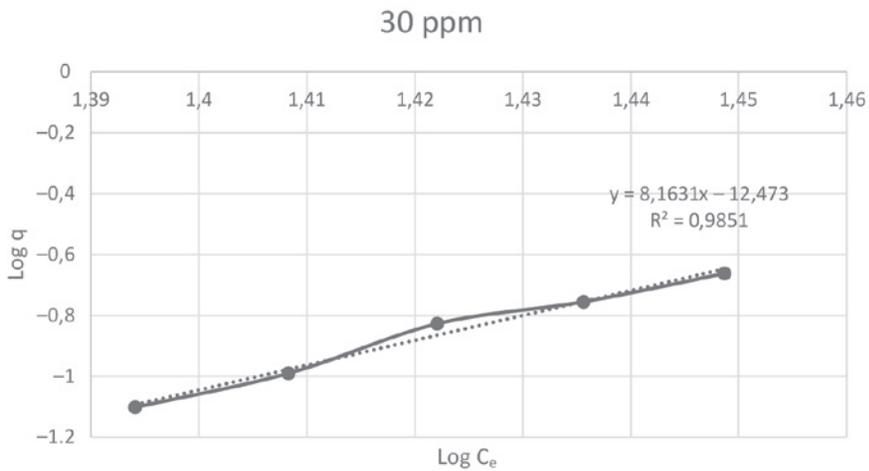


Figura 4

Isoterma de Freundlich para el reactor D



La tabla 3 muestra los valores de $q_{m\acute{a}x.}$ y b para los 4 reactores con concentraciones de Pb de 10, 15, 20 y 30 ppm, los cuales fueron obtenidos mediante el uso de la ecuaci3n 3 de la isoterma de Langmuir.

Tabla 3

Resultados de la isoterma de Langmuir para la adsorción de Pb en los 4 reactores

	Isotermas de Langmuir			
	10 ppm	15 ppm	20 ppm	30 ppm
Ecuación de la isoterma	$y = 10252x - 1025$	$y = 11063x - 744,12$	$y = 3411,8x - 176,92$	$y = 1703,5x - 56,686$
R ²	0,9687	0,9836	0,8422	0,9559
Ordenada ($1/q_{máx.}$)	-1025	-744,12	-176,92	-56,686
Pendiente ($1/b * q_{máx.}$)	10252	11063	3411,8	1703,5
$q_{máx.}$	-0,00097561	-0,001343869	-0,005652272	-0,01764104
b	-0,099	-0,067	-0,052	-0,033

En esta tabla se presentan los valores de b (afinidad del biosorbente por los iones de Pb) los cuales utilizamos para calcular el R_L con la ecuación 4 en la tabla 4 y con la ayuda de la tabla 1 indicándonos que el sistema isotérmico es desfavorable (Ordoñez & Moreno, 2013).

Tabla 4

Valores de b obtenidos por cada concentración con su respectivo R_L

ppm	b	R_L
10	-0,099	5126,000
15	-0,067	-111,973
20	-0,052	-26,949
30	-0,033	583,390

A continuación, se muestran las figuras 5, 6, 7 y 8 que corresponden a las isotermas de Langmuir para las concentraciones de 10, 15, 20 y 30 ppm de Pb, respectivamente. En ellas se pueden observar que el mayor coeficiente de correlación (0,9836) lo obtuvo la isoterma con concentración de 15 ppm.

Figura 5

Isoterma de Langmuir para el reactor D

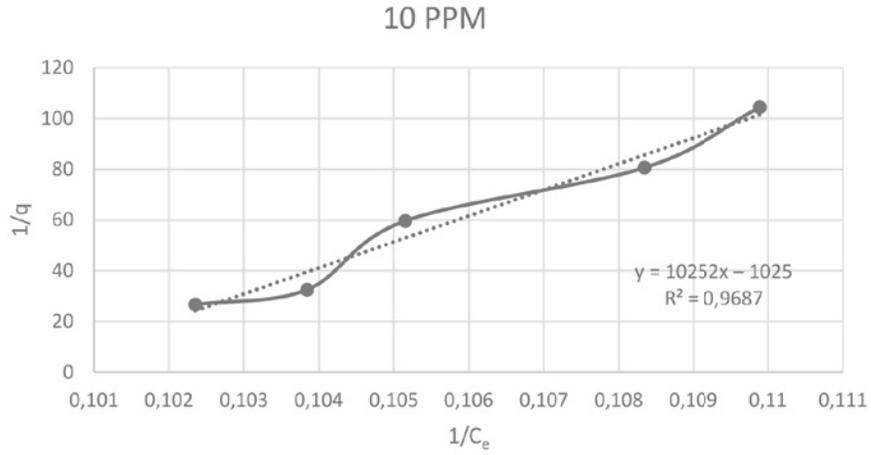


Figura 6

Isoterma de Langmuir para el reactor D

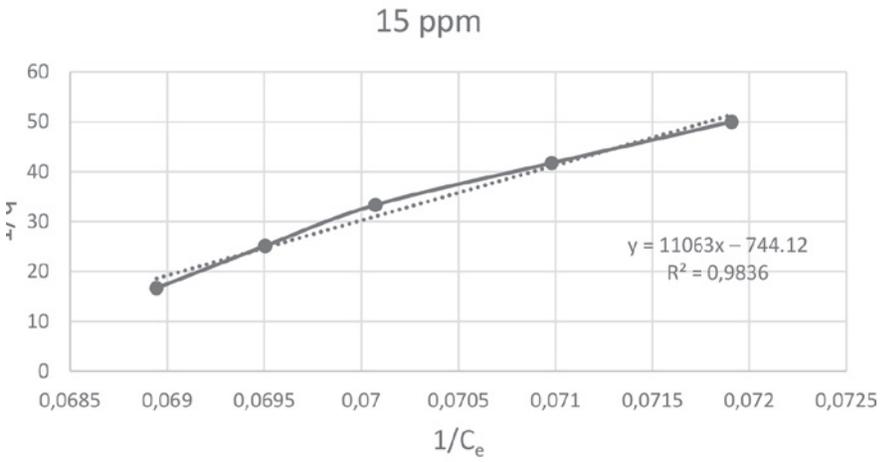


Figura 7

Isoterma de Langmuir para el reactor D

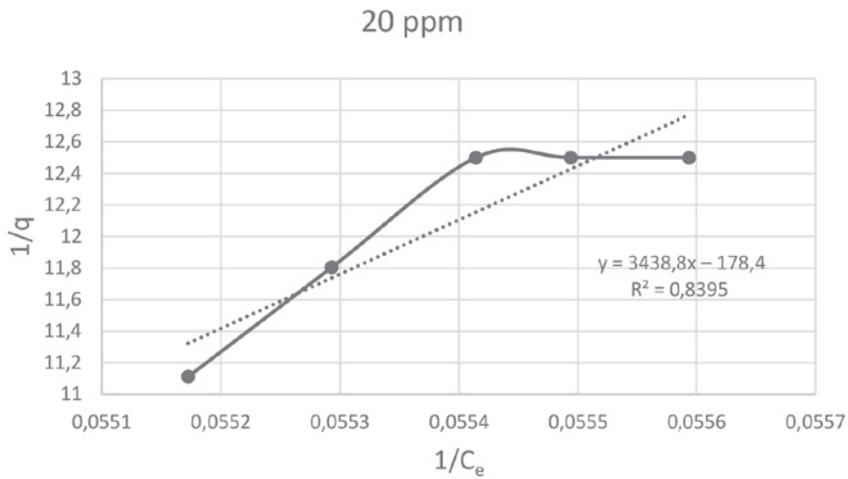
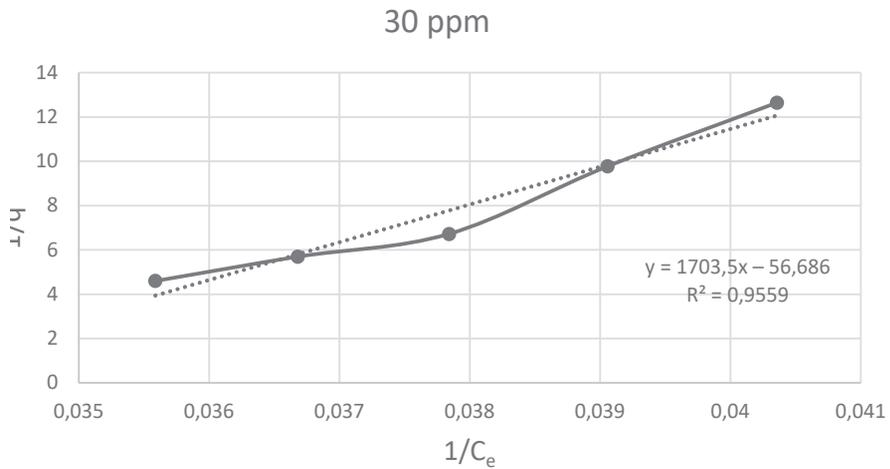


Figura 8

Isoterma de Langmuir para el reactor D



Por último, los resultados del pH obtenido después de 2,5 horas de experimentación para los 4 reactores con las diferentes concentraciones estudiadas se muestran en la tabla 5.

Tabla 5

Valores del pH para la remoción de las concentraciones de Pb estudiadas

Concentración	pH
10 ppm	2,96
15 ppm	2,76
20 ppm	2,66
30 ppm	2,47

4. DISCUSIÓN

La rapidez del proceso de biosorción pudo deberse, principalmente, a que la fijación del metal se lleva a cabo a través de reacciones rápidas y reversibles que ocurren en la superficie del biosorbente y que tienen lugar en ausencia del metabolismo. Esto se puede explicar porque la química acuosa del ion metálico es el rol más importante que desempeña el pH en la adsorción de iones metálicos. Los metales de transición, entre los cuales se encuentran la mayoría de los metales pesados, se caracterizan por su habilidad en la formación de complejos de coordinación con ligandos que poseen pares de electrones libres. La molécula de agua es un excelente ligando y la formación de aquo-complejos es inevitable. A mayor número de ligandos rodeando un catión metálico, mayor será su radio iónico y su volumen, convirtiéndolo al catión en una especie estéricamente impedida para una eficiente interacción con la superficie del adsorbente. La formación de complejos con el agua es regulada por el pH, ya que, a altos valores de pH, la concentración de iones oxhidrilo aumenta en la solución y es capaz de formar hidroxocomplejos, los cuales no solo aumentan el volumen del catión, sino que disminuyen su carga neta, disminuyendo también su afinidad con el adsorbente (Cuizano et al., 2010).

Mediante estudios de especiación química en soluciones acuosas, ha sido demostrado que el ion Pb (II) se mantiene en su forma Pb (II) como especie predominante hasta pH 4, pH al cual la especie Pb (OH)⁻ (complejo mono acuo plumboso) aparece como nueva especie emergente (Cuizano et al., 2010).

Por otro lado, para obtener las isoterms de Freundlich se graficaron los datos del logaritmo base 10 de la concentración en el equilibrio ($\log C_e$) versus el logaritmo de la capacidad de adsorción de *Azolla caroliniana* ($\log q$). Los valores numéricos relacionados con la afinidad del bioadsorbente por los iones metálicos $K(L/g)$ y el parámetro afín con la intensidad de la absorción (n) fueron obtenidos de la pendiente y la intersección de la forma lineal de la isoterma de Freundlich (Herrejón et al., 2008).

5. CONCLUSIONES

A partir de las isotermas de Langmuir para cada uno de los reactores se pudo determinar la concentración en el equilibrio (C_e) y la carga máxima (q) de plomo adsorbida por *Azolla*. No obstante, a partir del parámetro R_L se determinó que para los 4 reactores el sistema isotérmico era desfavorable para este modelo cinético (R_L 's mayor a 1).

Por su parte, las isotermas de Freundlich para los 4 reactores permitieron establecer los modelos lineales del comportamiento cinético de la adsorción de plomo mediante *Azolla* a través de 4 ecuaciones de la recta, obteniendo el mejor R_2 . En este sentido, podemos concluir que el proceso de adsorción de plomo por *Azolla* se produce mediante este modelo cinético, donde la mayor intensidad de adsorción (n) de Pb fue de 0,122 para el reactor D (30 ppm de Pb).

REFERENCIAS

- Ahmady-Asbchin, S., Nasrollahi, A., & Jafari, N. (2012). Potential of *Azolla filiculoides* in the removal of Ni and Cu from wastewaters. *African Journal of Biotechnology*, 11(95), 16158-16164. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/129788>
- Altamirano Pavón, M. (2015). *Remoción de Pb (II) por medio de adsorción en quitosano* [Tesis de grado, Universidad de Veracruzana].
- Barceló, J., & Poschenrieder, C. (2003). Phytoremediation: principles and perspectives. *Contributions to Science*, 2(3), 333-344.
- Bennielli, R., Stepniewska, Z., Banach, A., Szajnocha, K., & Ostrowski, J. (2004). The ability of *Azolla caroliniana* to remove heavy metals (Hg(II), Cr(III), Cr(VI)) from municipal waste water. *Chemosphere*, 55(1), 141-146. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/129788>
- Carvajal-Bernal, A. M., Gómez, F., Giraldo, L., & Moreno-Piraján, J. C. (2018). Estudio de la adsorción de 4-nitrofenol desde solución acuosa sobre un carbón activado con heteroátomos nitrogenados en la superficie: aplicación del Modelo de Sips. *Revista Colombiana de Química*, 47(1), 27-33. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/66255>
- Cuizano, N. A., Reyes, Ú. F., Domínguez, S., Llanos, B. P., & Navarro, A. E. (2010). Relevancia del pH en la adsorción de iones. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 76(2), 123-130.
- Dávila Molina, C. G., & Bonilla, P. (2011). Optimización del proceso de adsorción de plomo con quitosano modificado para ser utilizado en el tratamiento de aguas. *Química Central*, 2(1), 19-22. <https://doi.org/10.29166/quimica.v2i1.542>

- Herrejón, M., Limón, B., & Martínez, V. (2008). Cinética e isotermas de adsorción de Pb (II) en suelo de Monterrey. *Ingenierías*, 11(41), 24-31. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/10396>
- Maldonado, A., Luque, C., & Urquizo, D. (2012). Biosorción de plomo de aguas contaminadas utilizando *Pennisetum clandestinum* Hochst (KIKUYO). *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 52-57. <https://www.rlmm.org/ojs/index.php/rlmm/article/view/347>
- Ordoñez, J., & Moreno, R. (2013). *Estudio del aprovechamiento de residuos orgánicos de cultivos de flores (tallos de rosas) como bioadsorbente de Cd para el tratamiento de aguas residuales* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4272>
- Ortega, S., & Sánchez, D. (2019). *Evaluación de la capacidad de remoción de cromo de Eichhornia crassipes y Azolla sp. con miras a su aplicación como tratamiento complementario de aguas residuales de la industria galvanotécnica* [Tesis de grado, Universidad de la Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1137/
- Pérez, L., Salgado, I., Larrea, C., Martínez, A., Cruz, M., & Carballo, M. (2018). Biosorción microbiana de metales pesados: características del proceso. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas*, 6(1).
- Rai, P. K. (2008). Technical note: Phytoremediation of Hg and Cd from industrial effluents using an aquatic free floating macrophyte *Azolla Pinnata*. *International Journal of Phytoremediation*, 10(5), 430-439. <https://doi.org/10.1080/15226510802100606>
- Rodríguez, A., Cuéllar, L., Maldonado, G., & Suardiaz, M. (2016). Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 35(3), 251-271. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=70505>
- Saeed, A., Akhter, M., & Iqbal, M. (2005). Removal and recovery of heavy metals from aqueous solution using papaya wood as a new biosorbent. *Separation and Purification Technology*, 45(1), 25-31. doi:<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2005.02.004>
- Sánchez, N., Subero, N., & Rivero, C. (2011). Determinación de la adsorción de cadmio mediante isotermas de adsorción en suelos agrícolas venezolanos. *Acta Agronómica*, 60(2), 190-197. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169922373011>
- Sharma, P., & Dubey, R. (2005). Lead toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17(1), 35-52. <http://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202005000100004>

- Shmaefsky, B. (2020). *Phytoremediation. Concepts and strategies in plant sciences*. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-00099-8>
- Siccha, A. (2012). *Eficacia de la biosorción de Plomo mediante cochayuyo pre-tratado (Chondracanthus chamissoi)* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Callao]. https://www.unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/Febrero2012/IF_SICCHA%20MACASSI_FCS.pdf
- Suthar, V., Memon, K., & Mahmood-ul-Hassan. (2014). EDTA-enhanced phytoremediation of contaminated calcareous soils: heavy metal bioavailability, extractability, and uptake by maize and sesbania. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(6), 3957-3968. <https://doi.org/10.1007/s10661-014-3671-3>
- Tejada-Tovar, C., Villabona-Ortiz, A., & Garcés-Jaraba, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecnológicas*, 18(34), 109-123.
- Tejada-Tovar, C., Villabona-Ortiz, Á., & Núñez-Zarur, J. (2015). Uso de biomásas para la adsorción de plomo, níquel, mercurio y cromo. *Ingenium*, 9(24), 41-51.
- Tur-Naranjo, L. E., Orberá-Ratón, M. T., Romagosa-Álvarez, Y., & Pérez-Silva, D. R. (2013). Bioadsorción de plomo (II) por biomasa microbiana seca: Efecto del pH. *Revista Cubana de Química*, XXV(1), 75-81. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543730010>
- Vallejo, M. (2021). *Utilización de Lacasa de Pleurotus ostreatus y su biomasa residual para la degradación de colorantes azoicos y la remoción de metales en aguas residuales* [Tesis de doctorado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/12695>
- Villalón, M. F., Lamela, O. C., Adrian, D., & Silva, R. M. (2018). Factores de mayor influencia en la adsorción de metales pesados por biomasa seca de *Kluyveromyces Marxianus* CCEBI 2011. *Tecnología Química*, 38(2), 335-345.
- Vizcaino Mendoza, L., & Fuentes Molina, N. (2015). Biosorción de Cd, Pb y Zn por biomasa pretratada de algas rojas, cáscara de naranja y tuna. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(1), 43-60.

COMPORTAMIENTO DEL LADO OSCURO Y SATISFACCIÓN EN LAS RELACIONES COMERCIALES ENTRE EMPRESAS. REVISIÓN DE LITERATURA*

CARLOS JAVIER AYALA-REGALADO**

<https://orcid.org/0000-0001-5599-0708>

Fundación Universitaria Ceipa, Escuela de Administración, Sabaneta, Colombia
y Universidad EAFIT, Medellín, Colombia

Recibido: 16 de agosto del 2021 / Aprobado: 7 de marzo del 2022

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n42.5726>

RESUMEN: Las relaciones comerciales son un elemento esencial del marketing relacional pues su adecuada gestión permite a las empresas obtener beneficios. Estas relaciones pueden verse afectadas por distintos factores, entre los cuales están los comportamientos del lado oscuro o conductas como el ocultamiento de información, el oportunismo, la intención de generar confusión, la venta de información, el engaño, el irrespeto a la privacidad y los cobros injustificados. El objetivo de este artículo fue identificar investigaciones cuyo enfoque fueran los comportamientos del lado oscuro y su relación con la satisfacción en las relaciones comerciales entre empresas. Para lograr este propósito, se realizó una revisión sistemática de la literatura de documentos redactados en el periodo 2010-2022. Se identificaron teorías, autores, metodologías.

PALABRAS CLAVE: relaciones comerciales / mercadeo relacional / satisfacción / *Marketing B2B* /comportamientos del lado oscuro

Todos autores han contribuido con la misma intensidad en el diseño, obtención de datos, analisis, revisión crítica de su contenido y aprobación final de la versión publicada.

** Correo electrónico: carlos.ayala@ceipa.edu.co

DARK SIDE BEHAVIOR AND SATISFACTION IN BUSINESS RELATIONSHIPS BETWEEN COMPANIES. LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: Business relationships are essential in relationship marketing since their proper management allows companies to obtain benefits. Different factors can affect these relationships, among which dark side behaviors can be counted. These behaviors include concealing information, opportunism, generating confusion, data sale, deception, disrespect for privacy, and unjustified charges. This study identifies research focused on dark side behaviors and their relationship with satisfaction in business relationships between companies. We systematically reviewed the literature produced between 2010 and 2022 and identified theories, authors, methodologies, limitations of the studies and opportunities for future research.

KEYWORDS: business relationships / relationship marketing / satisfaction. /B2B marketing /dark side behaviour

1. INTRODUCCIÓN

El término *marketing* de relaciones fue acuñado por Berry (1983), quien lo definió como una estrategia que involucra todas las actividades de una empresa para construir, mantener y desarrollar relaciones con el cliente; en este sentido, el *marketing* relacional es el renacimiento de las concepciones y prácticas de *marketing* que estuvieron vigentes durante la era preindustrial (Sheth, 2011; Sheth & Parvatiyar, 1995) mediante las cuales proveedores y clientes trabajaban juntos, construyendo y manteniendo las relaciones comerciales (en adelante, RCS).

El *marketing* relacional involucra e integra a clientes, proveedores y otras partes relacionadas en una red de entrega de valor a través de la confianza mutua y la colaboración a lo largo del tiempo; los especialistas en *marketing* no solo deben interpretar las necesidades de los clientes a partir de su comportamiento de compra, sino que también deben anticiparse a los requerimientos futuros del cliente para satisfacer estas necesidades y garantizar la lealtad con la marca (Ahmmed et al., 2019); el logro de los objetivos comerciales en un contexto donde los clientes tienen cada vez más poder, hace necesario que las empresas desarrollen un conjunto de acciones estratégicas enfocadas en las relaciones, ya que el mantenimiento del buen estado de las RCS posibilita el logro de estos objetivos (Ahmmed et al., 2019)

Grönroos (1994) establece que el *marketing* relacional es el proceso de identificación, establecimiento, mantenimiento y mejora de las relaciones con los clientes y otras partes interesadas, lo que hace posible la obtención de un beneficio económico que permite que se cumplan los objetivos de todas las partes involucradas; en esta revisión, nos acogemos a la siguiente definición de relación comercial (RC): “el intercambio de bienes o servicios entre un proveedor y un cliente mediada por una remuneración económica” (Bagozzi, 1975, p. 36); para que exista una RC, los intercambios deben prolongarse en el tiempo, deben seguir un patrón específico (Ford et al., 2003) y deben estar mediados por sentimientos, actitudes y comportamientos particulares (Piwoni-Krzyszowska, 2014).

Las RCS son el fundamento del *marketing* relacional, por lo cual es necesario tener presente que la creación de una RC depende de varios factores como las características del entorno cultural, la capacidad de la relación de entregarle beneficios a las partes que intervienen en ella, la simetría o equilibrio en los recursos y capacidades de las partes, la comunicación bidireccional, la reciprocidad o interés por entregar a la contraparte beneficios similares a los que se reciben, la confianza, el compromiso, la cooperación, la adaptación, la capacidad de resolver conflictos, el manejo de la incertidumbre, la empatía o capacidad de ponerse en el lugar de la contraparte en una RC y la calidad de las relaciones sociales derivadas de la RC (Ahmmed et al., 2019)

No existe una definición única de satisfacción en las RCS; algunas definiciones de satisfacción contemplan elementos de tipo cognitivo, y dentro de este tipo de definiciones,

sobresale aquella que define este concepto como la evaluación global del cumplimiento dentro de una RC (Dwyer et. al., 1987); otros autores, definen satisfacción como el grado de congruencia entre la información disponible entre proveedor y cliente, y la evaluación de la congruencia entre las metas de proveedor y cliente (Dou et. al., 2010); por otro lado, existen definiciones de satisfacción que hacen énfasis en componentes de tipo afectivo, dentro de estas, sobresale la definición de satisfacción de Anderson y Narus (1990), quienes señalan que satisfacción es el estado afectivo positivo que resulta de la evaluación de todas las características de la RC entre una empresa proveedora y una empresa cliente.

Algunos autores señalan que la satisfacción actúa como un antecedente de otros factores de la RC como la continuidad, la cooperación y la coordinación (Mysen & Svensson, 2010); también se dice de la satisfacción que es “un proceso iterativo y cíclico” (Farrelly & Quester, 2005, p. 213); Geyskens y Steenkamp (2000) afirman que la satisfacción es un antecedente del éxito de la RC (2000); también se afirma de la satisfacción que es un mediador del efecto que otros factores tienen en los resultados de la relación (Davis-Sramek et al., 2009; Hutchinson et al., 2011); de la satisfacción también se dice que es la evaluación de una relación en curso, influenciada por las características del intercambio (Dou et al., 2010; Mysen & Svensson, 2010); Roberts-Lombardet. al., (2019) señalan que la satisfacción es un resultado del compromiso y la confianza.

La satisfacción del cliente es ampliamente aceptada como un factor que incide en la recompra, en las recomendaciones y en la lealtad del cliente (Hutchinson et. al., 2011; Ranaweera & Prabhu, 2003; Whipple et. al., 2010); la satisfacción en las RCS es fundamental para asegurar su duración (Ng, 2012). Sin embargo, no existe acuerdo en el campo sobre los factores que propician, mantienen y afectan la satisfacción en las RCS entre empresas; aunque es importante resaltar que con frecuencia el concepto “satisfacción” está relacionado con los conceptos “confianza” y “compromiso”, adicionalmente, las relaciones entre estos conceptos son interdependientes y multifacéticas (Ganesan, 1994).

Existe un grupo particular de aspectos que afectan la satisfacción de las relaciones comerciales y son los comportamientos del lado oscuro, denominados así por Frow et al. (2011); el comportamiento del lado oscuro se refiere a comportamientos que menoscaban o deterioran las RCS; dentro de esos comportamientos, algunos son propios del proveedor, como el ocultamiento de información a un cliente, la intención de generar confusión (McGovern & Moon, 2007), la práctica de venta de información a un tercero sin autorización del cliente, el suministro de información engañosa, el irrespeto a la privacidad, los cobros injustificados y el ocultamiento de información necesaria de los clientes; por otro lado, el cliente también puede exhibir comportamientos del lado oscuro cuando intenta aprovecharse de su proveedor (Frow et al., 2011).

El comportamiento del lado oscuro es un aspecto que se ha investigado en menor medida en relación con otros temas del *marketing* relacional, aun cuando existe evidencia de que estos comportamientos son muy frecuentes (Frow et al., 2011); la comprensión de estos comportamientos es fundamental para diseñar propuestas de investigación con pertinencia académica y empresarial, que hagan posible contrarrestar el efecto de estos comportamientos en la satisfacción de las RCS, teniendo en cuenta particularmente el informe sobre prioridades de investigación en *marketing* más reciente del Marketing Science Institute (2021), que señala la necesidad de indagar sobre las estrategias para priorizar el valor del cliente en todos los puntos y momentos de encuentro de la empresa con sus clientes, reconociendo que hoy, la confianza es más importante que nunca en las relaciones comerciales, por lo cual ha planteado preguntas orientadoras para futuras investigaciones tales como "¿de qué manera puede la empresa asegurar la confianza del cliente?, ¿cuáles son las estrategias más efectivas para impulsar una lealtad del cliente más profunda y duradera? (Marketing Science Institute, 2021).

La investigación sugiere que los comportamientos negativos pueden tener un mayor impacto en las RCS que los comportamientos positivos (Baumeister et al., 2001); a pesar de esto, la investigación sobre estos comportamientos es poco frecuente en la literatura sobre RCS. No se encontraron en Scopus ni en Web of Science (años 2010 a 2022) revisiones de literatura que específicamente abordaran la influencia del comportamiento del lado oscuro en la satisfacción de las relaciones comerciales.

Como resultado de lo anterior, se hace pertinente la elaboración de una revisión de literatura que tenga como propósito identificar los estudios que se han realizado sobre la satisfacción de RCS de empresas, identificando aquellos que se enfocan en las manifestaciones del comportamiento del lado oscuro (en adelante, MCLLO).

2. METODOLOGÍA

2.1 Parámetros para la revisión de literatura

Para la realización de esta revisión, se siguieron los parámetros señalados por Tranfield, et al. (2003), particularmente, en lo referente al protocolo, o pasos seguidos para la realización de la revisión, a la elección de las palabras clave, a los términos de búsqueda y a los criterios de exclusión de estudios; los definidos por Duriau et al. (2007), para hacer el análisis del contenido en las revisiones de literatura; los de la Universidad de Sevilla (2019) para la inclusión y exclusión de revistas; y los de Pérez-Rave (2018) en relación con los tópicos de los estudios y la exclusión de repeticiones. Además se utilizaron las bases de datos Scopus y Web of Science (WoS), en donde se hizo la búsqueda de los documentos publicados entre 2010 y 2022. A continuación, se describen los criterios y los términos de búsqueda.

Tabla 1

Criterios de inclusión/exclusión de los estudios

Especificaciones
C1. Los estudios provienen de revistas indexadas en Scopus y Web of Science. Esto significa que como mínimo dichas revistas satisfacen aspectos como: sistema de revisión por pares, conformidad con las normas académicas de calidad, puntualidad en la edición, diversidad en el equipo editorial (Universidad de Sevilla, 2019).
C2. El tópico de interés del documento debe ser la satisfacción en las relaciones comerciales.
C3. El documento debe proveer al menos un aspecto que influya en la satisfacción de las relaciones comerciales.
C4. El contexto de observación del tópico son los negocios. Se excluyeron trabajos de sectores tales como: ciencias de la salud, educación, etcétera.
C5. Se aseguró la inclusión de estudios únicos (se excluyeron repeticiones).

Nota. De *Revisión sistemática de literatura en ingeniería*, por J. Pérez-Rave, 2018, Idinnov.

3. RESULTADOS

A continuación, se ilustrarán las características de los artículos encontrados a partir del uso de tres ecuaciones de búsqueda. Las búsquedas se hicieron en Web of Science y en Scopus, el día 17 de enero del 2022. Se utilizaron los siguientes términos: *factors, determinants, aspects, predictors, drivers, regressors, relationships, association, link, relation, dealing, ties, business, commercial, "Buyer Seller", trade, trading, industrial* y "*Dark side*".

Tabla 2

Resultados de búsqueda de artículos en Scopus el 17 de enero del 2022

Descripción	Cantidad
#1 Title (factors OR determinants OR aspects OR predictors OR drivers OR regressors)*	457 711
#2 Title (relationships OR association OR link OR relation OR dealing OR ties)*	411 637
#3 Title (business OR commercial OR "Buyer Seller" OR trade OR trading OR industrial OR "Dark side")*	1007
#1 AND #2 AND #3	5
Aplicación de criterios de inclusión/exclusión, empleando la ficha de descripción de estudios propuesta en Pérez-Rave (2019, p. 95)	5

Nota. Elaborada a partir de datos de Scopus.

Tabla 3*Resultados de búsqueda de artículos en Web of Science el 17 de enero del 2022*

Descripción	Cantidad
#1 Title (factors OR determinants OR aspects OR predictors OR drivers OR regressors)*	428 034
#2 Title (relationships OR association OR link OR relation OR dealing OR ties)*	438 766
#3 Title (Business OR commercial OR "Buyer Seller" OR Trade OR trading OR industrial OR "Dark side")*	113 047
#1 AND #2 AND #3	43
Aplicación de criterios de inclusión/exclusión, empleando la ficha de descripción de estudios propuesta en Pérez-Rave (2019, p. 95).	16

Nota. Elaborada a partir de datos de Web of Science.

La búsqueda se hizo en el periodo 2011 a 2022. La búsqueda se limitó a artículos.

Una vez obtenido el listado de artículos de Scopus y Web of Science, se depuró el listado así: los artículos debían provenir de revistas indexadas en Scopus o en Web of Science, las revistas debían satisfacer criterios como revisión por pares, conformidad con las normas académicas de calidad, puntualidad en la edición, diversidad en el equipo editorial (Universidad de Sevilla, 2019); las RCS debían ser el eje central del artículo y cada uno mencionar al menos un aspecto que influya en la satisfacción de las RCS; los documentos debían ser primarios y el contexto ser los negocios, se excluyeron documentos de otras áreas del conocimiento (Pérez-Rave, 2018); como resultado de esa depuración, se obtuvo un listado definitivo de 16 documentos que se detalla a en la tabla 4.

Tabla 4*Artículos seleccionados y descripción bibliométrica*

	Estudio	Revista	Editor	País	Cuartil
1	Leonidou, Aykol, Spyropoulou y Christodoulides (2017)	<i>Industrial Marketing Management</i>	Elsevier	Países Bajos	1
2	Piricz (2018)	<i>Serbian Journal of Management</i>	University of Belgrade	Serbia	3
3	Akrout y Diallo (2017)	<i>Industrial Marketing Management</i>	Elsevier	Holanda	1
4	Cabral, Ribeiro y Romão (2020)	<i>RAUSP Management Journal</i>	Emerald	Reino Unido	3
5	Gazdecki (2018)	<i>IMP Journal</i>	Emerald	Reino Unido	2

(continúa)

(continuación)

6	Leonidou, Aykol, Fotiadis, Christodoulides y Zeriti (2017)	<i>Journal of World Business</i>	Elsevier	Reino Unido	1
7	Huderek-Glapska y Nowak (2016)	<i>Research in Transportation, Business & Management</i>	Elsevier	Países Bajos	1
8	Gao, Liu y Qian (2016)	<i>Asia Pacific Journal of Marketing</i>	Emerald	Reino Unido	3
9	Corsaro (2015)	<i>Australasian Marketing Journal</i>	Elsevier	Australia	2
10	Barnes, Leonidou, L., Siu y Leonidou, C. (2015)	<i>Journal of International Marketing</i>	American Marketing Association	Estados Unidos	1
11	Zunk (2015)	<i>International Journal of Engineering Business Management</i>	Sage	Croacia	4
12	Sales Baptista (2014)	<i>Journal of Business & Industrial Marketing</i>	Emerald	Reino Unido	2
13	Miocevic (2020)	<i>Journal of Business & Industrial Marketing</i>	Emerald	Reino Unido	2
14	Visentin y Scarpi (2012)	<i>Industrial Marketing Management</i>	Elsevier	Países Bajos	1
15	Leonidou, Palihawadana, Chari y Leonidou (2011)	<i>Journal of World Business</i>	Elsevier	Reino Unido	1
16	Khan y Raeside (2015)	<i>International Journal of Business and Society</i>	Universiti Malaysia Sarawak	Malasia	3

Nota. Elaboración a partir de la revisión de literatura en Web of Science y Scopus.

A continuación, se ilustrarán los resultados de esta investigación, mostrando, en primer lugar, los referentes conceptuales del estudio; en segundo lugar, el tipo de estudio, la unidad de análisis utilizada y el tipo de instrumento de recolección de información que se utilizó; luego, los aspectos que inciden en la satisfacción en las RCS entre empresas, posteriormente, las MCLC que inciden en la satisfacción en las relaciones comerciales entre empresas y, finalmente, en esta sección, los ítems de los instrumentos utilizados en las investigaciones antes mencionadas.

3.1 Referentes conceptuales de los artículos

En los artículos analizados, se utilizó como principal referente conceptual la teoría del intercambio social (Leonidou, Aykol, Fotiadis, et al., 2017; Leonidou, Aykol, Spyropoulou, et al., 2017; Piricz, 2018; Sales Baptista, 2014; Visentin & Scarpi, 2012; Zunk, 2015). Esta teoría se centra en el intercambio de recursos (materiales y no materiales) a través de interacciones sociales (Emerson, 1976). Según esta teoría, el intercambio transaccional por sí solo no es capaz de explicar el comportamiento de las partes en una relación de intercambio (Cook & Emerson, 1978); adicionalmente al valor de lo intercambiado, la reciprocidad es importante en una relación (Cook & Emerson, 1978); las obligaciones recíprocas entre, al menos, dos partes surgen de una serie de intercambios bidireccionales en los que un lado de la relación proporciona un beneficio al otro, lo cual genera, en la parte que entrega el beneficio, la expectativa de recibir un retorno en un futuro, también en quien recibe el beneficio la obligación de corresponder al beneficio recibido (Vadera et al., 2013).

Otros referentes conceptuales utilizados en los estudios analizados son la psicología social (Akrouit et al., 2016); el *marketing* relacional (Corsaro, 2015; Gazdecki, 2020; Huderek-Glapska & Nowak, 2016); el capital social (Miocevic, 2020); la teoría de roles (Gao et al., 2016), la economía (Cabral et al., 2019; Raeside & Khan, 2015) y las relaciones internacionales (Barnes et al., 2015; Leonidou et al., 2011).

3.2 Tipos de estudio, unidad de análisis e instrumento de recolección de información

El 56 % de los artículos analizados (9 documentos) utilizaron metodología cuantitativa, en 6 estudios (37 %) se utilizó metodología cualitativa, en un artículo la metodología fue mixta. En 4 casos, la unidad de análisis utilizada fueron las opiniones de los funcionarios de las empresas; en otros 4 casos fueron las relaciones comerciales entre empresas; en un caso los contratos suscritos entre una empresa y sus clientes y en 7 casos, las empresas. En 12 artículos (75 %), el instrumento de recolección utilizado fue el cuestionario estructurado; en un artículo (6 %), el análisis de documentos; en 2 documentos (12 %) se utilizó el cuestionario semiestructurado y en un estudio (6 %) se utilizó la entrevista estructurada.

Se encontró que los siguientes aspectos pueden incidir en la satisfacción de las RCS entre empresas:

Tabla 5*Aspectos que inciden en la satisfacción en las RCS entre empresas*

Autor	Aspecto
Zunk (2015)	Riesgo de sufrir daños o pérdidas por mantener la RC
Leonidou, Aykol, Fotiadis, Christodoulides y Zeriti (2017)	Probabilidad de negocios futuros
Akrout y Diallo (2017)	Confianza calculada
Huderek-Glapska y Nowak (2016)	Actividades para retener proveedores
Zunk (2015)	Disposición de ayuda en tiempos difíciles
Gao, Liu, y Qian (2016)	Amistad comercial
Cabral S., Fernandes P. y Romão S. (2019)	Volumen y valor de las transacciones
Miocevic (2020)	Inversiones en la relación y capital relacional
Corsaro (2015)	Confianza
Khan y Raeside (2015)	Credibilidad, benevolencia, compromiso, integridad
Sales Baptista (2014)	Adaptaciones a los procesos del proveedor
Barnes, L. Leonidou, Siu, y C. Leonidou (2015)	Comunicación, credibilidad y afecto personal
L. Leonidou, Palihawadana, Chari, y C. Leonidou, (2011)	Confianza
Piricz (2018)	Conflicto percibido
Visentin y Scarpi (2012)	Lealtad
Gazdecki (2018)	Condiciones contractuales

Nota. Elaboración a partir de la revisión de literatura en Scopus y Web of Science.

Se encontró que algunas MCLC pueden afectar las relaciones comerciales (véase tabla 6).

Tabla 6*MCLC que inciden en la satisfacción en las RCS entre empresas*

Autor	Aspecto
Hallén y Wiedersheim (1979)	Distancia o actitud de prevención que retrasa o distorsiona el flujo de información entre proveedor y cliente.
Leonidou, Aykol, Spyropoulou y Christodoulides (2017)	Oportunismo o interés de sacar provecho de una situación a expensas de la contraparte.
Payne y Frow (2017)	Venta de información de los clientes a terceros sin autorización, suministro de información engañosa, irrespeto a la privacidad, cobros injustificados.
McGovern y Moon (2007)	Ocultamiento de información a un cliente e intención de generar confusión.
Leonidou, Aykol, Spyropoulou y Christodoulides (2017)	Ejercicio del poder coercitivo

Nota. Elaboración a partir de la revisión de literatura en Scopus y Web of Science.

Tabla 7

Ítems de los instrumentos utilizados en las investigaciones antes mencionadas

Ítem	Aspectos que evalúan estos ítems	Autor
<p>El incumplimiento de las solicitudes de nuestra empresa dará lugar a sanciones financieras y de otro tipo contra este importador.</p> <p>Amenazamos con retirarnos de lo que prometimos originalmente, si este importador no cumple con nuestras solicitudes.</p> <p>Amenazamos con negociar con otro importador, para que este importador se someta a nuestras demandas.</p> <p>Ofrecemos incentivos específicos a este importador cuando se muestra reacio a cooperar con nosotros.</p> <p>Tenemos la ventaja en la relación con este importador, debido al poder que nos otorga el contrato.</p> <p>Exigimos el cumplimiento de este importador porque sabemos que nos aprecia y admira.</p> <p>Usamos nuestra competencia única para hacer que este importador acepte nuestras recomendaciones.</p> <p>No revelamos información crítica sobre la relación comercial, para tener mayor control sobre el importador.</p>	Poder coercitivo	L. Leonidou, Talias y C. Leonidou (2008)
<p>No tenemos relaciones estrechas con personas que trabajan en esta empresa importadora.</p> <p>No estamos familiarizados con el entorno empresarial de este importador.</p> <p>Conocemos muy bien la cultura organizacional, los valores y las actitudes de este importador.</p> <p>No conocemos muchas cosas sobre las características de la organización de este importador.</p> <p>Conocemos los métodos y procesos de trabajo seguidos por este importador.</p>	Distancia	Hallén y Sandström (1991)
<p>Este importador altera ligeramente los hechos.</p> <p>Este importador promete hacer cosas sin hacerlas más tarde.</p> <p>Este importador no nos brinda el soporte que está obligado a brindar.</p> <p>Este importador evita cumplir con sus responsabilidades a menos que sea vigilado de cerca.</p>	Oportunismo	Yılmaz y Hunt (2001)
<p>Nuestra relación con este importador se caracteriza por un alto grado de incertidumbre.</p> <p>Existe información adecuada para que podamos tomar decisiones futuras con respecto a esta relación comercial.</p> <p>Enfrentamos dificultades para monitorear las tendencias relativas a la relación de trabajo con este importador.</p> <p>Confiamos en tomar decisiones futuras sobre aspectos de la relación con este importador.</p> <p>No podemos anticipar con precisión cómo actuará este importador en el futuro en la relación comercial.</p>	Incertidumbre	Leonidou y Kaleka (1998)

(continúa)

(continuación)

A pesar de su acuerdo con nuestra empresa, este importador nos ha sido desleal muchas veces en el pasado. Este importador muestra una mayor motivación para participar en actividades comerciales con otros exportadores, en lugar de desarrollar negocios con nuestra empresa. Este importador no solo hace negocios con otras empresas exportadoras que venden productos similares, sino que también desarrolla vínculos sociales con ellas. Este importador negocia con otros proveedores de exportación de mercancías similares para obtener mejores condiciones comerciales que las que podemos ofrecer.	Infidelidad	Mattingly, Wilson, Clark, Bequette y Weidler (2010); Kumar, Stern y Achrol (1992)
Este proveedor tiene la reputación de ser justo con sus clientes. Nos decimos cosas que no quisiéramos que los demás supieran.	Reputación Confianza	Anderson y Weitz (1992)
Este vendedor comparte nuestros valores. Este vendedor respeta la confidencialidad de la información que compartimos. Este vendedor a menudo se comporta de manera contraria a las reglas comunes.	Valores compartidos	Brashear, Boles, Bellenger y Brooks (2003)
El proveedor se da cuenta de que no ser oportunista concuerda con su interés. El proveedor se da cuenta de que la violación de nuestra confianza sin duda será sancionada.	Confianza calculada	Shou, Guo, Zhang y Su (2011)
Al tomar decisiones importantes, el vendedor se preocupa por nuestro bienestar. Es necesario tener cuidado con este vendedor.	Benevolencia	Kumar, Scheer y Steenkamp (1995)
Tengo un gran respeto por este cliente y viceversa.	Confianza afectiva	Akrout, Diallo, Akrouy y Chandon (2016)
El proveedor es conocido por ser sincero en el trato con sus clientes.	Reputación	Gao, Liu y Qian (2016)
Nos adaptamos a lo que este proveedor le gustaría que hiciéramos.	Adaptación	Gao, Liu y Qian (2016)
El representante de este proveedor no es confiable. Este exportador no siempre es completamente honesto con nosotros. Nos parece necesario ser cautelosos con este exportador.	Credibilidad Confianza	Barnes, Leonidou, Siu y Leonidou (2015)
Esperamos que nuestra relación con este proveedor continúe durante mucho tiempo. Este proveedor no hace afirmaciones falsas.	Satisfacción Confianza	Poddar, Donthu y Parvatiyar (2013)
Este exportador siempre guarda un secreto comercial. Varias veces este exportador fue sorprendido haciendo afirmaciones falsas.	Confianza	C. Leonidou, Palihawadana, Chari y L. Leonidou (2011)

(continúa)

(continuación)

Nos gustaría continuar nuestro trabajo con este proveedor.	Compromiso	Roberts- Lombard, Mpinganjira y Svensson (2019)
Nuestra firma se siente cómoda con su relación con este proveedor.	Satisfacción	
Este cliente oculta información importante que nos interesa.	Oportunismo	
Hay mucho conflicto en la relación con este cliente.	Conflicto	
Este cliente no siempre es honesto con nosotros.	Oportunismo	
Nuestra firma se siente cómoda con su relación con este proveedor.	Satisfacción	Mysen, Svensson, Rindell y Billström (2015)

Nota. Elaboración a partir de la información de cada documento citado.

El poder coercitivo se refiere a la percepción que tiene la contraparte en relación a la capacidad de imponer castigos si no se cumplen unos requerimientos, lo cual hace que quien lo percibe, tienda a acceder a los requerimientos del otro (Leonidou et al., 2011); el oportunismo es el interés de sacar provecho de una situación a expensas de la contraparte (Leonidou, Aykol, Spyropoulou et al., 2017); la benevolencia es el altruismo del vendedor hacia el comprador; se da cuando los vendedores anteponen los intereses de su cliente a los suyos (Ganesan & Shankar, 2009); la benevolencia se da cuando el vendedor actúa buscando que su comprador obtenga el mayor beneficio posible; la traición se da cuando se rompen reglas en una relación, previamente acordadas entre las partes, la traición puede tomar varias formas, como participar en el engaño, revelar información confidencial, no prestar ayuda y mantener una relación paralela ilegítima (Rachman, 2010).

4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En los artículos analizados, se menciona, de manera general, que algunas MCLC afectan la satisfacción en las RCS y se dan recomendaciones para posteriores investigaciones sobre RCS: la realización de más investigaciones siguiendo esas recomendaciones puede permitir identificar otras MCLC y establecer la forma en que inciden en la satisfacción de las RCS. Dentro de estas recomendaciones, está la realización de estudios longitudinales, de estudios en diferentes contextos, con empresas de distintos sectores, con proveedores y clientes emparejados en una misma RC, la investigación sobre características del oportunismo y la traición en las RCS, la investigación en RCS cuando proveedor y cliente pertenecen a distintos contextos culturales, la investigación en RCS desde el punto de vista de personas distintas a representantes del proveedor o representantes del cliente, y la investigación en satisfacción en RCS en empresas de países de economías emergentes.

Los documentos analizados en esta revisión de literatura sobre RCS entre empresas identifica un número limitado de MCLLO: la traición, la infidelidad y el oportunismo (Leonidou, Aykol, Spyropoulou et al., 2017; Leonidou, Aykol, Fotiadis et al., 2017; Corsaro, 2015). Las MCLLO en las RCS son fenómenos sociales complejos cuya comprensión depende de la obtención e interpretación de abundante información de los contextos en los que ocurren, para poder identificar sus causas, la forma en que ocurren y las consecuencias para la RC. En los artículos analizados en esta revisión, se menciona a las MCLLO en las RCS entre empresas, sin que exista una diferenciación entre las que ocurren entre empresas grandes, medianas o pequeñas, aun cuando cada uno de estos tipos de empresa tenga características distintas y enfrenten retos diferentes desde el punto de vista del mercadeo relacional; por esa razón, para atenuar el impacto de las MCLLO en las RCS entre empresas, se hace necesario implementar estrategias particulares para cada tipo de empresa, de acuerdo a las características de cada RC.

Las diferencias de contexto en las MCLLO que se ven en RCS es otro aspecto no abordado en las investigaciones aquí analizadas. Las empresas que operan en economías emergentes, deben enfrentar con mayor frecuencia la incidencia negativa de aspectos como la violencia y la corrupción, fenómenos que son mucho más frecuentes en empresas que operan en países de economías emergentes y que pueden determinar, incluso, el que una empresa o sus representantes elijan deliberadamente el comportamiento del lado oscuro como un medio para poder adaptarse a su entorno, para buscar superar sus adversidades y prevalecer.

Las RCS pueden ser tratos de una enorme variabilidad en cuanto al tiempo en que se dan; también pueden ser muy complejas, teniendo en cuenta la gran cantidad de condiciones comerciales, jurídicas, situacionales, estratégicas y de contextos culturales y económicos en las que se dan. Los estudios encontrados muestran resultados muy simples sobre las condiciones que afectan la satisfacción en las RCS, resultados casi desde el sentido común: "las mentiras afectan la confianza y por ende la satisfacción", y tienen explicaciones muy vagas sobre la forma en que estos estudios afectan las RCS, mencionando de manera sucinta que ejercen un impacto negativo en la satisfacción de las partes. Por otro lado, la mayor parte de los métodos de recolección de información sobre las MCLLO son medidas de autoinforme, métodos que pueden aplicarse en otros aspectos de la investigación en mercadeo, pero no son los más indicados si la investigación va a hacerse sobre MCLLO, dada la prevención de los encuestados a hablar de este tipo de prácticas en las empresas a las que están vinculados o en sus proveedores o clientes.

Llama particularmente la atención de los estudios analizados que son investigaciones hechas en países de economías desarrolladas, siendo nulos los hallazgos de investigaciones sobre MCLLO en RCS entre empresas, en revistas indexadas en WoS y Scopus en

economías emergentes, lo que muestra la ingente necesidad de hacer mayores contribuciones al *marketing* relacional con investigación de alto nivel sobre RCS entre empresas en economías de países en desarrollo, como los países latinoamericanos.

5. CONCLUSIONES

Los autores de los artículos mencionados en esta revisión de literatura reducen las MCLO en las RCS a tres categorías básicas: traición, infidelidad y oportunismo. Las MCLO en RCS entre empresas pueden adquirir formas muy distintas, dependiendo del tamaño de las empresas intervinientes en la RC, de sus diferencias culturales, de sus asimetrías de poder, de las asimetrías de información o de la calidad de las relaciones interpersonales entre los representantes de un proveedor y los representantes de un cliente; razón por la cual, estas tres categorías no son suficientes para dar cuenta de esa complejidad; por eso se hace necesario hacer una mayor cantidad de investigaciones que tengan como objetivo identificar y caracterizar otros tipos de MCLO, que permitan enriquecer la cantidad de categorías existentes, comprender la incidencia de las MCLO en la satisfacción en las RCS y hagan posible el diseño de estrategias para evitar su aparición y atenuar su impacto.

En los estudios aquí analizados, el mecanismo de recolección de información fue, mayoritariamente, el uso de instrumentos autoinformados: las personas responsables de mantener las RCS entre empresas dieron su versión, sus opiniones, sobre los aspectos que afectaban la satisfacción en las RCS; por esa razón, es necesario utilizar instrumentos de recolección de información que permitan evitar sesgos en la consecución de la información, particularmente, el sesgo por deseabilidad social, típico de medidas de autoinforme, pues una persona tiende a dar respuestas que sean del agrado de quien le está haciendo una pregunta (Edwards, 1953). Aquí es fundamental la aplicación de metodologías de investigación cualitativa, con el uso de instrumentos de recolección de información como la observación, el análisis documental y la entrevista a profundidad, pues permiten la consecución de información más rica sobre las MCLO y sus manifestaciones. Haciendo codificación de la información obtenida y triangulación de la información a partir del análisis de varias fuentes, es posible identificar y comprender las MCLO en las relaciones comerciales.

En 15 de 16 estudios aquí analizados, los datos con los que se hizo el análisis vienen de autoinformes de las personas que participan en las RCS entre empresas; es más probable que, en una empresa, una persona, que se desempeña como funcionario de un área de compras o de ventas, acepte, por ejemplo, que *le han propuesto* un soborno, en lugar de reconocer que él o ella *ha propuesto* un soborno a su contraparte.

Es necesario, entonces, contrarrestar los sesgos, haciendo uso de distintas herramientas de recolección de información, distintas de los instrumentos autoinformados; dentro de esas herramientas pueden estar la observación y el análisis documental. La

triangulación de información obtenida desde distintas fuentes puede permitir encontrar patrones en la aparición e impactos de las MCLLO en la satisfacción de las RCS, de este modo, es posible concluir que la investigación sobre MCLLO plantea desafíos metodológicos que las futuras investigaciones están llamadas a enfrentar para hacer aportes teóricos significativos en el campo del mercadeo relacional, particularmente, en el contexto de las RCS entre empresas en economías en desarrollo como las latinoamericanas.

REFERENCIAS

- Akrout, H., & Diallo, M. (2017). Fundamental transformations of trust and its drivers: A multi-stage approach of business-to-business relationships. *Industrial Marketing Management*, 66, 159-171. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2017.08.003>
- Akrout, H., Diallo, M., Akrou, W., & Chandon, J. (2016). Affective trust in buyer-seller relationships: a two-dimensional scale. *Journal of Business and Industrial Marketing*, 31(2), 260-273. <https://doi.org/10.1108/JBIM-11-2014-0223>
- Ahmed, K., Islam, S., Noor, N. A., Rahman, K. M., & Ahmed, F. (2019). Toward a theoretical framework of relationship marketing in the business context. *Market-Tržište*, 31(2), 209-226. <https://doi.org/10.22598/mt/2019.31.2.209>
- Anderson, J., & Narus, J. (1990). A model of the distributor's perspective of manufacturer working partnership. *Journal of Marketing*, 54(1), 42-58. <https://doi.org/10.2307/1252172>
- Anderson, E., & Weitz, B. (1992). The use of pledges to build and sustain commitment in distribution channels. *Journal of Marketing Research*, 29(1), 18-34. <https://doi.org/10.2307/3172490>
- Atkins, D., & Kessel, D. (2008). Religiousness and infidelity: Attendance, but not faith and prayer, predict marital fidelity. *Journal of Marriage and Family*, 70(2), 407-418. <https://doi.org/10.1111/j.1741-3737.2008.00490.x>
- Bagozzi, R. (1975). Marketing as exchange. *Journal of Marketing*, 39(4), 32-39. <https://doi.org/10.2307/1250593>
- Barnes, B., Leonidou, L., Siu, N. Y., & Leonidou, C. (2015). Interpersonal factors as drivers of quality and performance in western-Hong Kong interorganizational business relationships. *Journal of International Marketing*, 23(1), 23-49. <https://doi.org/10.1509/jim.14.0008>
- Baumeister, R., Bratslavsky, E., Finkenauer, C., & Vohs, K. (2001). Bad is stronger than good. *Review of General Psychology*, 5(4), 323-370. <https://doi.org/10.1037/1089-2680.5.4.323>

- Berry, L. (1983). Relationship marketing. En L. Berry, G. L. Shostack, & G. D. Upah (Eds.), *Emerging perspectives of service marketing* (pp. 25-38). American Marketing Association.
- Blau, P. (1964). *Exchange and power in social life*. John Wiley & Sons.
- Brashear, T., Boles, J., Bellenger, D., & Brooks, C. (2003). An empirical test of trust-building processes and outcomes in sales manager-salesperson relationships. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 31(2), 189-200. <https://doi.org/10.1177/0092070302250902>
- Cabral, S., Ribeiro, P. F., & Romão, S. Z. (2020). Determinants of contract renewals in business-to-business relationships. *RAUSP Management Journal*, 55(4), 473-489. <https://doi.org/10.1108/RAUSP-04-2019-0057>
- Cannon, J., & Perreault, W. (1999). Buyer-seller relationships in business markets. *Journal of Marketing Research*, 36(4), 439-460. <https://doi.org/10.2307/3151999>
- Chu, S., & Fang, W. (2006). Exploring the relationships of trust and commitment in supply chain management. *The Journal of American Academy of Business*, 9(1), 224-228.
- Coffey, P., Leitenberg, H., Henning, K., Turner, T., & Bennett, R. (1996). Mediators of the long-term impact of child sexual abuse: Perceived stigma, betrayal, powerlessness, and self-blame. *Child Abuse & Neglect*, 20(5), 447-455. [https://doi.org/10.1016/0145-2134\(96\)00019-1](https://doi.org/10.1016/0145-2134(96)00019-1)
- Cook, K., & Emerson, R. (1978). Power, equity and commitment in exchange networks. *American Sociological Review*, 43(5), 721-739. <https://doi.org/10.2307/2094546>
- Corsaro, D. (2015). Negative aspects of business relationships for resource mobilization. *Australasian Marketing Journal*, 23(2), 148-154. <https://doi.org/10.1016/j.ausmj.2015.04.010>
- Cropanzano, R., & Mitchell, M. (2005). Social exchange theory: An interdisciplinary review. *Journal of Management*, 31(6), 874-900. <https://doi.org/10.1177/0149206305279602>
- Davis-Sramek, B., Droge, C., Mentzer, J., & Myers, M. (2009). Creating commitment and loyalty behavior among retailers: What are the roles of service quality and satisfaction? *Journal of the Academy of Marketing Science*, 37, 440-454. <https://doi.org/10.1007/s11747-009-0148-y>
- Doney, P., & Cannon, J. (1997). An examination of the nature of trust in buyer-seller relationships. *Journal of Marketing*, 61(2), 35-51. <https://doi.org/10.2307/1251829>

- Dou, W., Li, H., Zhou, N., & Su, C. (2010). Exploring relationship satisfaction between global professional service firms and local clients in emerging markets. *Journal of International Business Studies*, 41(7), 1198-1217. <https://doi.org/10.1057/jibs.2009.78>
- Duriau, V. J., Regeer, R. K., & Pfarrer, M. D. (2007). A content analysis of the content analysis literature in organization studies: Research themes, data sources, and methodological refinements. *Organizational Research Methods*, 10(1), 5-34. <https://doi.org/10.1177/1094428106289252>
- Dwyer, F., Schurr, P., & Oh, S. (1987). Developing buyer-seller relationships. *Journal of Marketing*, 51(2), 11-27. <https://doi.org/10.2307/1251126>
- Edwards, A. (1953). The relationship between the judged desirability of a trait and the probability that the trait will be endorsed. *Journal of Applied Psychology*, 37(2), 90-93. <https://doi.org/10.1037/h0058073>
- Emerson, R. (1976). Social exchange theory. *Annual Review of Sociology*, 2(335-362), 279-289. <https://doi.org/10.1146/annurev.so.02.080176.002003>
- Farrelly, F., & Quester, P. (2005). Examining important relationship quality constructs of the focal sponsorship exchange. *Industrial Marketing Management*, 34(3), 211-219. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2004.09.003>
- Ford, D., Gadde, L., Håkansson, H., & Snehota, I. (2003). *Managing business relationships* (2.^a ed.). Wiley.
- Frow, P., Payne, A., Wilkinson, I., & Young, L. (2011). Customer management and CRM: addressing the dark side. *Journal of Services Marketing*, 25(2), 79-89. <https://doi.org/10.1108/08876041111119804>
- Ganesan, S. (1994). Determinants of long-term in buyer-seller orientation relationships. *Journal of Marketing*, 58(2), 1-19. <https://doi.org/10.1177/002224299405800201>
- Geyskens, I., & Steenkamp, J. (2000). Economic and social satisfaction: Measurement and relevance to marketing channel relationships. *Journal of Retailing*, 76(1), 11-32. [https://doi.org/10.1016/S0022-4359\(99\)00021-4](https://doi.org/10.1016/S0022-4359(99)00021-4)
- Gao, W., Liu, Y., & Qian, L. (2016). The personal touch of business relationship: A study of the determinants and impact of business friendship. *Asia Pacific Journal of Management*, 33(2), 469-498. <https://doi.org/10.1007/s10490-016-9464-1>
- Gazdecki, M. (2018). Factors of business relationships change in agribusiness input distribution channel: The case of Polish market. *IMP Journal*, 12(3), 567-582. <https://doi.org/10.1108/IMP-01-2018-0011>

- Grönroos, C. (1994). From marketing mix to relationship marketing: towards a paradigm shift in marketing. *Management Decision*, 32(2), 4-20. <https://doi.org/10.1108/00251749410054774>
- Hallén, L., & Sandström, M. (1991). Relationship atmosphere in international business. En S. Paliwoda (Ed.), *New perspectives on international marketing* (pp. 108-225). Routledge.
- Hallén, L., & Wiedersheim, P. (1979). Psychic distance and buyer-seller interaction. *Organization Markad och Samhalle*, 16, 308-324.
- Huderek-Glapska, S., & Nowak, H. (2016). Airport and low-cost carrier business relationship management as a key factor for airport continuity: The evidence from Poland. *Research in Transportation Business and Management*, 21(2), 44-53. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2016.07.004>
- Hutchinson, D., Singh, J., Svensson, G., & Mysen, T. (2011). Antecedents and postcedents of satisfaction in business relationships in Canada. *International Journal of Logistics Economics and Globalisation*, 3(4), 189. <https://doi.org/10.1504/ijleg.2011.044960>
- Khan, M. R., & Raeside, R. (2015). Determinants of entrepreneurial business relationships Success. *International Journal of Business and Society*, 16(1), 1-18. <http://dx.doi.org/10.33736/ijbs.550.2015>
- Kumar, N., Scheer, L., & Steenkamp, J. (1995). The effects of perceived interdependence on dealer attitudes. *Journal of Marketing Research*, 32(3), 348. <https://doi.org/10.2307/3151986>
- Kumar, N., Stern, L., & Achrol, R. (1992). Assessing reseller performance from the perspective of the supplier. *Journal of Marketing Research*, 29(2), 238. <https://doi.org/10.2307/3172573>
- Leonidou, L., Aykol, B., Fotiadis, T., Christodoulides, T., & Zeriti, A. (2017). Betrayal in international buyer-seller relationships: Its drivers and performance implications. *Journal of World Business*, 52(1), 28-44. <https://doi.org/10.1016/j.jwb.2016.10.007>
- Leonidou, L., Aykol, B., Spyropoulou, S., & Christodoulides, P. (2017). The power roots and drivers of infidelity in international business relationships. *Industrial Marketing Management*, 78, 198-212. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2017.03.003>
- Leonidou, L., & Kaleka, A. (1998). Behavioural aspects of international buyer-seller relationships: their involvement. *International Marketing Review*, 15(5), 373-397. <https://doi.org/10.1108/02651339810236407>

- Leonidou, L., Palihawadana, D., Chari, S., & Leonidou C. N. (2011). Drivers and outcomes of importer adaptation in international buyer-seller relationships. *Journal of World Business*, 46(4), 527-543. <https://doi.org/10.1016/j.jwb.2010.10.013>
- Leonidou, L., Talias, M., & Leonidou, C. (2008). Exercised power as a driver of trust and commitment in cross-border industrial buyer-seller relationships. *Industrial Marketing Management*, 37(1), 92-103. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2007.08.006>
- Marketing Science Institute. (2021, 17 de marzo). Marketing Science Institute. <https://www.msi.org/articles/2020-22-msi-research-priorities-outline-marketers-top-concerns/>
- Mattingly, B., Wilson, K., Clark, E., Bequette, A., & Weidler, D. (2010). Foggy faithfulness: Relationship quality, religiosity, and the perceptions of dating infidelity scale in an adult sample. *Journal of Family Issues*, 31(11), 1465-1480. <https://doi.org/10.1177/0192513X10362348>
- McGovern, G., & Moon, Y. (2007). Companies and the customers who hate them. *Harvard Business Review*.
- Miocevic, D. (2020). How relational drivers affect relationship value in key exporter-importer relationships: a dark side perspective. *Journal of Business and Industrial Marketing*, January, 36(11), 2086-2097. <https://doi.org/10.1108/JBIM-05-2019-0193>
- Mysen, T., & Svensson, G. (2010). RELQUAL's impact on satisfaction in Norwegian business relationships. *Journal of Business and Industrial Marketing*, 25(2), 119-131. <https://doi.org/10.1108/08858621011017741>
- Mysen, T., Svensson, G., Rindell, A., & Billström, A. (2015). Antecedents' and "postcedents" in relation to satisfaction in Norwegian business relationships. *International Journal of Procurement Management*, 8(5), 627-642. <https://doi.org/10.1504/IJPM.2015.070926>
- Ng, E. (2012). An Empirical Study on the Success Factors of Supplier-Distributor Relationships. *Contemporary Management Research*, 8(2), 161-180. <https://doi.org/10.7903/cmr.11050>
- Payne, A., & Frow, P. (2017). Relationship marketing: looking backwards towards the future. *Journal of Services Marketing*, 31(1), 11-15. <https://doi.org/10.1108/JSM-11-2016-0380>
- Pérez-Rave, J. (2018). *Revisión sistemática de literatura en ingeniería*. Idinnov.
- Piricz, N. (2018). Affecting determinants of trust in business relationships. *Serbian Journal of Management*, 13(2), 281-291. <https://doi.org/10.5937/sjm13-16649>

- Piwoni-Krzeszowska, E. (2014). Zarządzanie wartością relacji przedsiębiorstwa z rynkowymi interesariuszami – aspekt procesu tworzenia wartości. *Nauki o Zarządzaniu = Management Sciences*, 1(18). <https://doi.org/10.15611/noz.2014.1.05>
- Poddar, A., Donthu, N., & Parvatiyar, A. (2013). Drivers of trade promotion receptiveness: The role of relationship and trade promotion satisfaction. *Journal of Marketing Theory and Practice*, 21(1), 45–56. <https://doi.org/10.2753/MTP1069-6679210103>
- Rachman, S. (2010). Betrayal: A psychological analysis. *Behaviour Research and Therapy* 48(4), 304–311. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2009.12.002>
- Ranaweera, C., & Prabhu, J. (2003). On the relative importance of customer satisfaction and trust as determinants of customer retention and positive word of mouth. *Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing*, 12, 82–90. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jt.5740100>
- Roberts-Lombard, M., Mpiganjira, M., & Svensson, G. (2019). The antecedents and postcedents of satisfaction in business-to-business relationships in South Africa. *South African Journal of Business Management*, 50(1), 1–11. <https://doi.org/10.4102/sajbm.v50i1.212>
- Raeside, R., & Khan, M. (2015). Determinants of entrepreneurial business relationships success. *International Journal of Business and Society*, 16(1), 1–18. <https://doi.org/10.33736/ijbs.550.2015>
- Sales Baptista, C. (2014). Product importance and complexity as determinants of adaptation processes in business relationships. *Journal of Business and Industrial Marketing*, 29(1), 75–87. <https://doi.org/10.1108/JBIM-07-2012-0116>
- Seres-Huszárik, E., Józsa, L., & Tóth, Z. (2017). Factors determining the development of business relationships in the advertising market. *Acta Polytechnica Hungarica*, 14(8), 65–82. <http://dx.doi.org/10.12700/APH.14.8.2017.8.4>
- Sheth, J. (2011). The double helix of marketing: The complementary relationship between marketing history and marketing theory. *Marketing Theory*, 11(4), 503–505. <https://doi.org/10.1177/1470593111418805>
- Sheth, J., & Parvatiyar, A. (1995). The evolution of relationship marketing. *International Business Review*, 4(4), 397–418. <https://econpapers.repec.org/RePEc:eee:iburev:v:4:y:1995:i:4:p:397-418>
- Snehota, I., & Håkansson, H. (1995). *Developing relationships in business networks*. Routledge.

- Shou, Z., Guo, R., Zhang, Q., & Su, C. (2011). The many faces of trust and guanxi behavior: Evidence from marketing channels in China. *Industrial Marketing Management*, 40(4), 503-509. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2010.12.006>
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, 4(3), 207-222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>
- Universidad de Sevilla. (2019). Biblioteca Universidad de Sevilla. Recuperado el 22 de noviembre de 2019 de <https://revistascientificas.us.es/>
- Vadera, A., Pratt, M., & Mishra, P. (2013). Constructive deviance in organizations: integrating and moving forward. *Journal of Management*, 39(5), 1221-1276. <https://doi.org/10.1177/0149206313475816>
- Visentin, M., & Scarpi, D. (2012). Determinants and mediators of the intention to upgrade the contract in buyer-seller relationships. *Industrial Marketing Management*, 41(7), 1133-1141. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2012.05.001>
- Whipple, J., Lynch, D., & Nyaga, G. (2010). A buyer's perspective on collaborative versus transactional relationships. *Industrial Marketing Management*, 39(3), 507-518. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2008.11.008>
- Yilmaz, C., & Hunt, S. D. (2001). Salesperson cooperation - The influence of relational, task, organizat. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 24(4), 335-357. <https://doi.org/10.1177/03079450094207>
- Zunk, B. (2015). Exploration of factors influencing the customers' motivation in buyer-supplier relationships on industrial markets. *International Journal of Engineering Business Management*, 7, 1-6. <https://doi.org/10.5772/62110>

UNA PROPUESTA DE DISEÑO DE INDICADORES DE I+D EN ESPACIOS DE EDUCACIÓN SUPERIOR

SILVANO ROSSI*

<https://orcid.org/0000-0002-3835-4467>

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires,
Facultad de Ingeniería, Olavarría, Argentina

GUSTAVO ILLESCAS

<https://orcid.org/0000-0002-7140-7161>

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires,
Facultad de Ciencias Exactas, Tandil, Argentina

Recibido: 27 de enero del 2022 / Aprobado: 09 de marzo del 2022

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n42.5863>

RESUMEN: Este trabajo presenta el diseño de un conjunto de indicadores de I+D específicamente relacionados con las postulaciones y otorgamiento de becas de iniciación en actividades científico-tecnológicas en una institución de educación superior. Se plantea inicialmente la construcción de un tablero de control con un conjunto de indicadores y metas para lograr el objetivo estratégico de incrementar la cantidad de estudiantes con dichas becas. Se apunta al objetivo general de su integración futura al cuadro de mando integral de la institución. Se presenta la metodología para la implantación de los indicadores, el tablero de control y el análisis de las mediciones brindadas por los indicadores, para la posterior toma de decisiones e implementación de las acciones necesarias. Se concluye que el tablero de control brinda la información necesaria para la gestión mediante el uso de indicadores.

PALABRAS CLAVE: gestión por indicadores / ficha metodológica / tablero de control / cuadro de mando integral

* Correos electrónicos en orden de aparición: srossi@fio.unicen.edu.ar; illescas@exa.unicen.edu.ar

A PROPOSAL FOR THE DESIGN OF R&D INDICATORS IN HIGHER EDUCATION SPACES

ABSTRACT: This study presents the design of a set of R&D indicators specifically related to applications and grants for beginners in scientific & technological activities in a higher education institution. Initially, we propose the construction of a scorecard with a set of indicators and goals for the strategic aim of increasing the number of students with the mentioned scholarships. The general objective is their future integration into the institution's balanced scorecard. This paper explains the methodology for implementing the indicators, the scorecard, and the analysis of the measurements provided by the indicators for the subsequent decision-making and necessary actions. We conclude that the implemented scorecard offers the information required for management through indicators.

KEYWORDS: management by indicators / methodological card / control board / balanced scorecard

1. INTRODUCCIÓN

Las universidades, así como otras instituciones y organizaciones, se encuentran inmersas en un contexto totalmente dinámico, implicando su adaptación a los cambios e incertidumbres, de una manera flexible, con capacidad de dar respuestas. La planificación estratégica es, entonces, relevante en la institución, para alcanzar la visión y cumplir la misión y los objetivos en el contexto mencionado. De acuerdo con Almuiñas y Galarza (2012), dicha planificación constituye un proceso que tiene como resultado la estrategia institucional. En su análisis conceptual se resalta la necesidad de evaluar el proceso periódicamente, apuntando al mejoramiento de la calidad, lo cual pone de manifiesto la importancia de la planificación estratégica y las herramientas necesarias para llevarla adelante, entre ellas, el *balanced scorecard* (en adelante, BSC) o cuadro de mando integral (en adelante, CMI), como así también los tableros de control (en adelante, TC). De acuerdo con Kaplan y Norton (1992), el BSC es una herramienta que permite a la gestión mirar a la empresa/negocio desde cuatro importantes perspectivas: a) de aprendizaje y crecimiento, b) de procesos internos, c) de clientes y d) financiera, pudiendo plantear, para cada perspectiva, objetivos estratégicos y sus formas de medición (indicadores), complementando el modelo tradicional de mediciones financieras. En dicho contexto y en pos de la búsqueda de un enfoque integral mediante el empleo de la herramienta, resulta adecuado que los objetivos e indicadores del BSC se deriven de la visión y estrategia de la organización (Fernández, 2001; Kaplan & Norton, 1996).

Desde su aparición, la utilización del BSC en el ámbito financiero/de negocios y empresarial ha sido ampliamente desarrollada (Galindo, 2005; Rech Storch, 2004.; Soler González & Robaina, 2009). La adaptación del BSC al ámbito educativo ha sido menos explorada, aun así, se registran diversos casos a lo largo del tiempo en diferentes partes del mundo, planteando modificaciones en las perspectivas del modelo BSC clásico (Arias Montoya, 2005; Freire-Andrade et al., 2019; Lima et al., 2009; Martins, 2015; Moreno Freites et al., 2010; Pietrzak et al., 2015; Souza et al., 2015; Stewart & Carpenter-Hubin, 2001). Se aprecia en los trabajos analizados, una filosofía similar con diferentes enfoques y aportes, de manera general, se muestran diferentes resultados y se puede apreciar el impacto positivo de la implementación en la gestión institucional. Como guía general, Al-Hosaini y Sofian (2015) realizaron una exhaustiva revisión de veintinueve casos de aplicación del BSC en instituciones de educación superior, resumiendo las perspectivas adoptadas en cada uno de los casos.

Como se comentó, previamente, para cada objetivo estratégico presente en un CMI se define un conjunto de indicadores para poder medirlo, es decir, que un aspecto elemental radica en el diseño de los indicadores adecuados. Según Haddadi y Yaghoobi (2014), la estrategia y los indicadores están inevitablemente vinculados, remarcando que la estrategia sin indicadores no tiene utilidad y que los indicadores sin estrategia no tienen sentido.

Rincón B. (1998) define

un indicador es la medida de una condición de un proceso o evento en un momento determinado. Los indicadores en conjunto pueden proporcionar un panorama de la situación de un proceso, de un negocio, de la salud de un enfermo o de las ventas de una compañía. (p. 49)

Olve et al. (2000) definen a los indicadores como descripciones compactas de observaciones, resumidas en números o palabras, las que pueden referirse a un tema concreto o también expresar observaciones resumidas sobre un determinado número de cuestiones similares. Según Tripodi e Illescas (2006), los indicadores pueden ser específicos de una operación, síntesis de un proceso o resumen de un conjunto de procesos. Ayudan en el control de gestión, ya que su evolución permite la comparación de estados actuales con anteriores y estados actuales con pronosticados.

Los indicadores deben reunir determinadas características para ser efectivos (Atencio & Sánchez, 2009). En principio, los indicadores deben ser relevantes para la organización, pueden ser datos, índices, coeficientes o cuantificaciones de una realidad cualitativa (Ballvé, 2000) por lo que es indispensable que sean mensurables, precisos, interpretables, fiables, verificables, accesibles y comparables. Esto implica que deben tener unidad de medida y, consecuentemente, mediante ellos se podrá medir el nivel de cumplimiento de los objetivos estratégicos planteados.

Si bien el BSC presenta innumerables ventajas, para muchas organizaciones puede resultar un proceso largo y complejo de definir. Como alternativa simplificada se puede optar por realizar un TC donde se encuentra también un conjunto de indicadores, pero esta vez diseñados para representar un área clave de la organización o bien presentar información resumida. Ballvé (2000) los define como un conjunto de indicadores cuyo seguimiento periódico permitirá contar con un mayor conocimiento de la situación de la organización, de una unidad de negocios, de un sector o de un proceso. Dicho autor analiza distintos tipos genéricos de tableros según las diferentes necesidades que ha detectado en su extensa experiencia en las empresas, clasificándolos como: tablero de control operativo (TCO), tablero de control directivo (TCD), tablero de control estratégico (TCE) y tablero de control integral (TCI). Cada uno de ellos posee una amplitud y alcance diferente dentro de la organización y su selección dependerá, fundamentalmente, del tipo y situación de la organización, su madurez y de la situación del entorno en que se encuentra.

Con esta motivación, este trabajo presenta el diseño de un conjunto de indicadores de I+D, en el contexto de una institución de educación superior. En principio, se plantea el aporte mediante el diseño de un conjunto de indicadores para el caso de un objetivo estratégico: incrementar la cantidad de estudiantes con becas de iniciación científica en la Facultad de Ingeniería-UNCPBA (<https://www.fio.unicen.edu.ar>). Se apunta a contribuir a la creación de un BSC de la facultad, planteando inicialmente la construcción de

un tablero de control operativo (TCO) para el objetivo mencionado, para luego avanzar hacia los objetivos del área de investigación y posgrado, con la idea de vincular dichos objetivos en un mapa estratégico de relaciones causa-efecto. El objetivo general es su integración futura al CMI de la institución.

La propuesta se contextualiza en la planificación estratégica institucional, en la que se consideró el eje estratégico "I+D, vinculación y transferencia". Dentro de este eje se estableció como política promover la formación de becarios con lugar de trabajo en la institución, entendiendo a la iniciación científica como pilar para la formación en I+D. Se consideran dichos aspectos, con la propuesta de acciones posibles para el incremento de la participación de estudiantes avanzados en becas de iniciación a la investigación. Por lo tanto, el diseño de indicadores elementales que aporten a alcanzar el objetivo de incrementar el número de estudiantes con becas de este tipo resulta de gran importancia para analizar, controlar y determinar las acciones necesarias.

Para el desarrollo de la propuesta se consideraron las siguientes premisas:

- Es posible gestionar mediante el empleo de indicadores.
- Al hacerlo, se pueden obtener beneficios vinculados a la calidad institucional.
- Se pueden seleccionar indicadores que permitan monitorear el estado actual y prever estados indeseados.
- Es factible diseñar un TC para la visualización de alarmas que permitan detectar los principales puntos de atención.

Se plantearon los siguientes cinco objetivos estratégicos: a) incrementar la cantidad de estudiantes con becas de iniciación científica en la Facultad de Ingeniería-UNCPBA, b) incrementar las postulaciones a becas de iniciación científica y tecnológica (en adelante, CyT), c) promover la postulación a becas de iniciación CyT en áreas estratégicas definidas por la facultad, d) incentivar la postulación a becas de iniciación CyT desde departamentos/programas/grupos de I+D y e) fortalecer la difusión de convocatorias a becas de iniciación CyT.

2. METODOLOGÍA

Toda medición implica que existió antes un interés por realizar un control para luego establecer una acción (Illescas, 2014), por lo tanto, resulta importante destacar el uso de indicadores para conocer las distintas instancias dentro de los procesos en la organización, tal que podamos no solamente controlarlos sino también optimizarlos. De esa manera será posible que la medición conduzca a alcanzar los objetivos trazados. Sin medición no se puede adelantar con rigurosidad y sistemáticamente las actividades del proceso de mejoramiento: evaluar, planificar, diseñar, prevenir, corregir y mantener,

innovar, etcétera. Medir adecuadamente es el medio o instrumento para gerenciar sobre la base de datos, para desterrar el “yo creo”, “me parece”, “yo pienso”, dejando tales opiniones subjetivas para aquellos asuntos para los cuales no se hayan desarrollado (o puedan desarrollarse) medios cuantificables para medirlos y verificarlos a través de datos (Ojeda & Palermo, 2007).

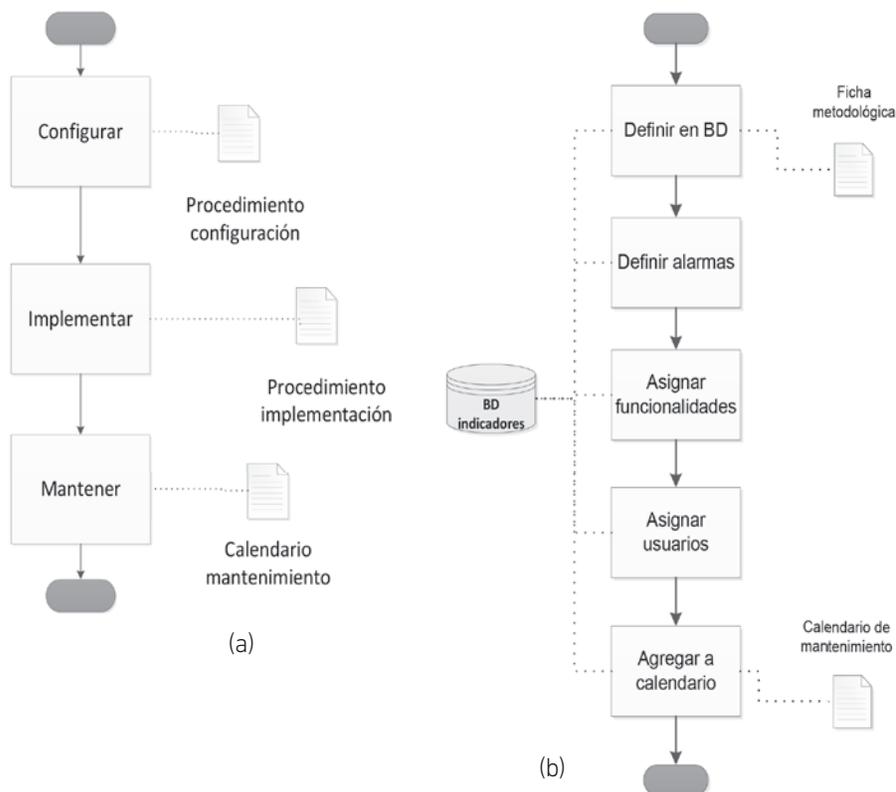
Para identificar las propiedades de un indicador se emplea una adaptación de Illescas et al. (2014), identificando inicialmente el ciclo de vida que lo contiene, siendo necesario, para ello, considerar las siguientes acciones:

- Definir conceptualmente el indicador, incluir su ficha metodológica, qué mide y cómo lo hace.
- Evaluar la necesidad de su medición.
- Especificar sus componentes, entre ellos, las variables que nos llevan a obtener su resultado, es decir, la fórmula mediante la cual se obtiene su resultado.
- Indagar sobre la disponibilidad de base de datos que permitan obtenerlo de manera rutinaria.
- Determinar la dirección del indicador de acuerdo a si su valor es mejor cuando aumenta (ascendente) o si mejora cuando desciende (descendente).
- Conocer la frecuencia posible de su actualización y su automatización.
- Establecer la parametrización de sus alarmas por medio de expertos.
- Precisar quiénes serán los usuarios de este indicador, incluso el responsable de su monitoreo. Decidir ante quiénes va a estar visible, por ejemplo, público en general, o restringido, por ejemplo, a la alta gerencia.
- Implementarlo mediante un sistema apropiado.
- Realizar un procedimiento para la ejecución de las operaciones de mantenimiento, seguimiento y control.
 - Actualizar su valor.
 - Comprobar la validez de los parámetros de las alarmas en el periodo actual.
 - Verificar los accesos que se realizan al indicador (cuánto se utiliza) para, eventualmente, descartarlo.
 - Investigar la necesidad de agregar nuevos indicadores.
- Ejecutar las operaciones de mantenimiento, seguimiento y control.

En la figura 1 se muestran los tres procesos principales del ciclo de vida de un indicador (A) y el proceso de implementación de indicadores (B).

Figura 1

Ciclo de vida de un indicador e implementación de indicadores



Nota. A. Procesos principales del ciclo de vida de un indicador. B. Implementación de indicadores. Adaptado de Aplicación de métodos matemáticos en el control de gestión por indicadores por G. Illescas, 2014 [Tesis de doctorado, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires]. Repositorio RIDAA, pp. 134 y 136 (<https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/693>).

A modo de ejemplo, se analizará el objetivo estratégico a) de la propuesta "Incrementar la cantidad de estudiantes con becas de iniciación científica en la Facultad de Ingeniería-UNCPBA". Para medir el grado de cumplimiento del objetivo planteado se diseñaron 7 indicadores:

- a. Número total de becas de iniciación científica otorgadas.
- b. Número total de postulaciones a becas de iniciación científica.
- c. Porcentaje total de becas de iniciación científica otorgadas en relación con las postulaciones.

- d. Porcentaje de becas de iniciación científico-tecnológica (en adelante, BICT) otorgadas en relación con las postulaciones.
- e. Porcentaje de becas de iniciación CyT otorgadas por organismos en relación con las postulaciones.
- f. Porcentaje de becas de estímulo a vocaciones científicas otorgadas en relación con las postulaciones.
- g. Porcentaje de otras becas de iniciación científica otorgadas en relación con las postulaciones.

Específicamente las BICT son becas internas otorgadas por la facultad, como parte de su política de formación de recursos humanos en investigación científico-tecnológica, vinculadas a las ingenierías. En el caso de estudio, las becas de iniciación CyT, otorgadas por organismos de promoción de la ciencia y la tecnología, hacen referencia fundamentalmente a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (<https://www.cic.gba.gob.ar>). Las becas de estímulo a las vocaciones científicas son otorgadas actualmente por el Consejo Interuniversitario Nacional (<http://evc.cin.edu.ar>).

En la tabla 1 se plantea el objetivo estratégico con los indicadores seleccionados y las metas definidas.

Para cada uno de los indicadores relacionados con el objetivo en estudio se realizó su ficha metodológica en la cual constan sus características, mediante atributos y su correspondiente descripción. Como criterios generales se emplearon los lineamientos descritos anteriormente sobre propiedades de los indicadores y como guía la norma UNE 66175:2003, Sistemas de gestión de la calidad, Guía para la implantación de sistemas de indicadores (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2003).

En la tabla 2, se presenta la ficha metodológica correspondiente al primer indicador: cantidad total de becas de iniciación científica otorgadas; en la tabla 3, la ficha metodológica correspondiente al indicador: porcentaje total de becas de iniciación CyT otorgadas en relación con las postulaciones.

Tabla 1*Objetivo estratégico con indicadores y metas*

Objetivo estratégico	Indicadores	Metas
Incrementar la cantidad de estudiantes con becas de iniciación CyT en la Facultad de Ingeniería-UNCPBA	Número total de becas de iniciación CyT otorgadas	Llegar a 15 estudiantes
	Número total de postulaciones a becas de iniciación CyT	anuales con becas de iniciación CyT (próximos 2 años)
	Porcentaje total de becas de iniciación CyT otorgadas en relación con las postulaciones	Incrementar el porcentaje
	Porcentaje de becas de iniciación CyT (BICT) otorgadas en relación con las postulaciones	de becas de iniciación CyT otorgadas en relación
	Porcentaje de becas de iniciación CyT otorgadas por organismos en relación con las postulaciones	con las postulaciones (próximos 2 años)
	Porcentaje de becas de estímulo a vocaciones científicas otorgadas en relación con las postulaciones	
	Porcentaje de otras becas de iniciación científica otorgadas en relación con las postulaciones	

Tabla 2*Ficha metodológica del indicador. Número total de becas de iniciación científica otorgadas*

Atributo	Descripción
Nombre	Número total de becas de iniciación científica otorgadas (NBICO)
Unidad de medida	Número de becas
Responsable	Secretaría de Investigación y Posgrado
Fórmula de cálculo	$NBICO = NBICTF + NBICTO + NBEVC + NBICTX$ NBICO: número de becas de iniciación científica otorgadas NBICTF: número de becas de iniciación científica y tecnológica (BICT otorgadas por la facultad) NBICTO: número de becas de iniciación CyT otorgadas por organismos NBEVC: número de becas de estímulo a las vocaciones científicas (Consejo Interuniversitario Nacional) NBICTX: becas de iniciación CyT otorgadas por otras vías, debidamente certificadas
Fuentes de datos	Indicador definido por la Secretaría de Investigación y Posgrado. Se obtiene a partir de los registros de BICT que constan en la secretaría, más la información disponible en el repositorio de organismos de CyT, el registro de BEVC procesadas en la universidad y el registro de estudiantes con alta en becas de iniciación científica con lugar de trabajo en la facultad, corroborado con el área de RR. HH.
Forma de representación	Gráfico de barras
Dirección	Ascendente (el valor del indicador mejora cuando aumenta)
Frecuencia	Anual

(continúa)

(continuación)

Periodo	Últimos seis años		
Fecha de la última actualización	Anual. Se actualiza manualmente el 31 de mayo de cada año, luego del cierre de otorgamientos		
Tipo de indicador	Semáforo		
Umbrales		Estado	Indicadores cromáticos
	$NBICO \geq 12$	Bueno	Verde
	$12 > NBICO \geq 10$	Regular	Amarillo
	$NBICO < 10$	Malo	Rojo
Observaciones	Umbrales definidos por la institución, considerando: años anteriores, aspectos externos que hacen variar el otorgamiento anual de becas por parte de organismos y postulaciones presentadas anualmente		

Tabla 3

Ficha metodológica del indicador. Porcentaje total de becas de iniciación CyT otorgadas en relación con las postulaciones

Atributo	Descripción
Nombre	Porcentaje de becas de iniciación científica otorgadas en relación con las postulaciones (PBICO)
Unidad de medida	Porcentaje
Responsable	Secretaría de Investigación y Posgrado
Fórmula de cálculo	$PBICO = (NBICO / NPBIC) \times 100$ NBICO: número de becas de iniciación científica otorgadas NPBIC: número total de postulaciones a becas de iniciación CyT (procesadas por la Secretaría de Investigación y Posgrado)
Fuentes de datos	Indicador definido por la Secretaría de Investigación y Posgrado. Se obtiene a partir de los registros de inscripción que constan en la Secretaría, al cierre de cada convocatoria a beca de iniciación, considerando: BICTF: becas de iniciación científica y tecnológica (BICT) otorgadas por la facultad) BICTO: becas de iniciación CyT otorgadas por organismos NBEVC: becas de estímulo a las vocaciones científicas (Consejo Interuniversitario Nacional) BICTX: becas de iniciación CyT otorgadas por otras vías, debidamente certificadas
Forma de representación	Gráfico de barras
Dirección	Ascendente

(continúa)

(continuación)

Frecuencia	Anual		
Periodo	Últimos seis años		
Fecha de la última actualización	Anual. Se actualiza manualmente el 31 de mayo de cada año, luego del cierre de otorgamientos		
Tipo de indicador	Semáforo		
Umbrales		Estado	Indicadores cromáticos
	$PBICO \geq 50$	Bueno	Verde
	$50 > PBICO \geq 30$	Regular	Amarillo
	$PBICO < 30$	Malo	Rojo
Observaciones	Umbrales definidos por la institución, considerando: años anteriores y singularidades de las convocatorias		

En relación con el diseño de las fichas metodológicas de los restantes indicadores, se procede de igual manera que en el diseño de los indicadores ejemplificados.

Como fase posterior al diseño de los indicadores, se propone el TC, el cual está constituido por el conjunto de indicadores definidos, organizados de una forma tal que permita visualizar las "alarmas", es decir, se podrán tomar un conjunto de decisiones de acuerdo con las indicaciones. La gestión por indicadores introduce la noción de alarma para establecer los niveles de criticidad de la variable en estudio. Se denomina a este concepto como "rango de aceptación" o indistintamente como "umbral" y la forma más adoptada para visualizar esta situación es la semaforización. Así, por ejemplo, si la variable se encuentra dentro de un determinado rango aceptable, se la visualiza en color amarillo; si estuviera dentro de los valores deseables u óptimos, en color verde, y si estos fueran críticos o inaceptables, en color rojo. Esta forma de indicación y los umbrales correspondientes fueron definidos en las fichas metodológicas de cada indicador. De esta manera, el TC constituye un sistema de medición y de soporte de decisiones y su funcionamiento y uso adecuado es esencial para la gestión por indicadores. En este trabajo, se implementó un tablero de control operativo (TCO), dado que permite realizar un seguimiento al menos diario del estado de situación del proceso considerado, para poder tomar a tiempo las medidas correctivas necesarias.

En la tabla 4 se puede apreciar el TCO para la muestra del año 2018. El TCO planteado provee la información que se necesita para realizar acciones y tomar decisiones operativas.

Tabla 4*Tablero de control operativo relativo a la muestra del año 2018*

Indicador	Denominación	Año 2018
Número total de becas de iniciación CyT otorgadas	NBICO	13
Número total de postulaciones a becas de iniciación CyT	NPBIC	25
Porcentaje total de becas de iniciación CyT otorgadas en relación con las postulaciones	PBICO	52
Porcentaje de becas de iniciación CyT (BICT) otorgadas en relación con las postulaciones	PBICTF	48
Porcentaje de becas de iniciación CyT otorgadas por organismos en relación con las postulaciones	PBICTO	22
Porcentaje de becas de estímulo a vocaciones científicas otorgadas en relación con las postulaciones	PBEVC	83
Porcentaje de otras becas de iniciación científica otorgadas en relación con las postulaciones	PBICTX	

3. RESULTADOS

El análisis de los 7 indicadores propuestos, relacionados con el objetivo "Incrementar la cantidad de estudiantes con becas de iniciación CyT en la Facultad de Ingeniería-UNCPBA", se realiza tomando un periodo de 6 años, tal lo definido en sus fichas metodológicas, siendo este un criterio establecido por el equipo de gestión de la institución. A modo de ejemplo, se muestra, en la tabla 5, el análisis del indicador n.º 1 (número total de becas de iniciación CyT otorgadas), presentando el número de cada tipo de beca otorgada, por cada año considerado. La nomenclatura referente a cada tipo de beca consta en la ficha metodológica del indicador n.º 1 (véase tabla 2).

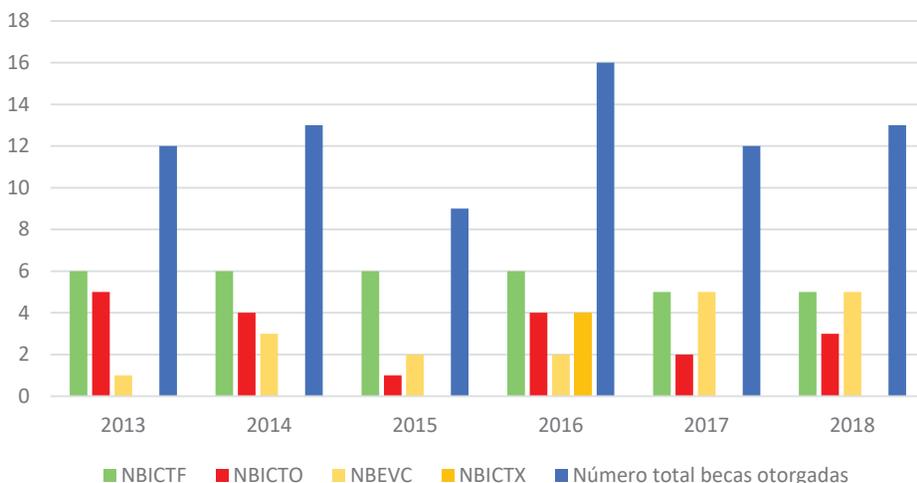
Tabla 5*Número total de becas iniciación CyT otorgadas, considerando tipo y año*

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
NBICTF	6	6	6	6	5	5
NBICTO	5	4	1	4	2	3
NBEVC	1	3	2	2	5	5
NBICTX				4		
NBICO (n.º total de becas de iniciación CyT otorgadas)	12	13	9	16	12	13

En la figura 2 se muestra, mediante un gráfico de barras, el tipo y número de becas de iniciación CyT otorgadas por año. En color azul se indica el número total, es decir, el indicador analizado.

Figura 2

Indicador "Número total de becas de iniciación CyT otorgadas" tomando 6 años



En la tabla 6 se presenta el análisis del indicador n.º 3 (porcentaje total de becas de iniciación CyT otorgadas en relación con las postulaciones, PBICO), mostrando el porcentaje total de cada tipo de beca otorgada, en relación con las postulaciones registradas (NPBIC), por cada año considerado. La nomenclatura referente a la construcción de este indicador se encuentra en la ficha metodológica del indicador n.º 3 (véase tabla 3).

Tabla 6

Porcentaje de becas iniciación CyT otorgadas por año en relación con el número de postulaciones

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
BICTF	17	13	12	14	16	10
BICTO	8	9	9	9	2	9
BEVC	7	13	11	6	8	6
BICTX	-	-	-	4	-	-
NPBIC (número total de postulaciones a becas de iniciación)	32	35	32	33	26	25
NBICO (número total de becas de iniciación CyT otorgadas)	12	13	9	16	12	13

(continúa)

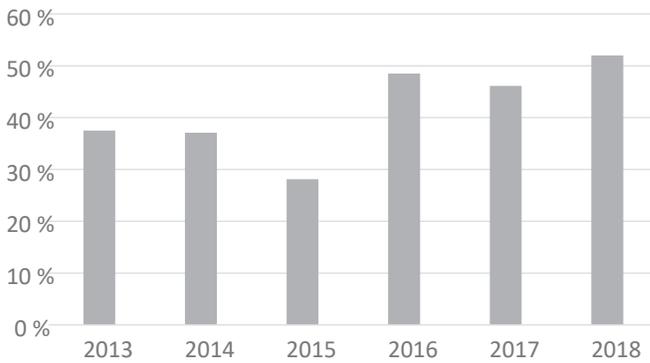
(continuación)

PBICO (porcentaje de becas de iniciación científica otorgadas en relación con las postulaciones)	37,5	37,1	28,1	48,5	46,1	52,0
--	------	------	------	------	------	------

En la figura 3 se muestra, mediante un gráfico de barras, el valor porcentual de becas de iniciación otorgadas por año, en relación con las postulaciones totales por año.

Figura 3

Indicador "Porcentaje de becas iniciación CyT otorgadas en relación con las postulaciones", tomando 6 años



En la tabla 7 se muestra el despliegue del TCO implementado, considerando 6 años. En dicho TCO pueden apreciarse los 7 indicadores medidos para el objetivo considerado y la utilización de la semaforización como método de indicación de alarmas.

Tabla 7
Despliegue del TCO implementado

Indicador	Denominación	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Número total de becas de iniciación CyT otorgadas	NBICO	12	13	9	16	12	13
Número total de postulaciones a becas de iniciación CyT	NPBIC	32	35	32	33	26	25
Porcentaje total de becas de iniciación CyT otorgadas en relación con las postulaciones	PBICO	37,5	37,1	28,1	48,5	46,1	52,0
Porcentaje de becas de iniciación CyT (BICT) otorgadas en relación con las postulaciones	PBICTF	35	46	50	43	31	48
Porcentaje de becas de iniciación CyT otorgadas por organismos en relación con las postulaciones	PBICTO	62,5	44,0	11,0	44,0	100,0	22,0
Porcentaje de becas de estímulo a vocaciones científicas otorgadas en relación con las postulaciones	PBEVC	14	23	18	33	62	83
Porcentaje de otras becas de iniciación científica otorgadas en relación con las postulaciones	PBICTX				100		

Del análisis del TCO se desprende que en el año 2015 se presentaron situaciones no deseadas en relación con los umbrales definidos para cada indicador, impactando directamente en las metas previamente establecidas. Su posterior análisis condujo a que se debió no solo a cuestiones vinculadas a lo institucional, sino también a condiciones externas, con relación al otorgamiento de becas por parte de los organismos correspondientes. Este hecho llevó a abrir una convocatoria interna especial en el año 2016, año en el que se obtuvo una mejora en los indicadores fruto de las acciones tomadas. En particular, se evidencia una mejora porcentual de los indicadores en el año 2018, en relación con las metas trazadas.

En esta primera etapa, se han definido acciones de acuerdo con las indicaciones arrojadas por el TCO. Se plantearon, a partir del año 2019, acciones de acompañamiento en las postulaciones desde las distintas dependencias institucionales, el fortalecimiento de la difusión y la posibilidad del incremento del otorgamiento de BICT internas, incentivando, además, a las BICT otorgadas, a presentarse a becas de organismos externos al año posterior de su realización, promoviendo la formación de becarios con lugar de trabajo en la institución.

Por otro lado, debe analizarse si las alarmas en rojo, en los porcentajes de becas otorgadas por organismos externos, se debe a condiciones del contexto externo o no se han otorgado por cuestiones vinculadas directamente a la presentación de la beca.

Se refleja también que la meta de cantidad de becas otorgadas aún está por alcanzarse y que la meta de porcentaje de becas de iniciación CyT otorgadas en relación con las postulaciones se cumplió en 2018.

En cuanto a las interfaces de usuario, se realizó, en la primera etapa, la implementación del TC con los indicadores definidos, buscando interfaces intuitivas que puedan ser utilizadas e interpretadas por diferentes actores vinculados a la gestión y a la administración. En la segunda etapa, se prevé contribuir a la creación de un CMI de la facultad, donde se integren los TC que se desarrollen.

En la figura 4, se presenta la interfaz con el usuario del TC implementado en el sistema, donde pueden observarse 4 indicadores y el estado de cada uno. Dicho tablero brinda la información necesaria para poder realizar acciones de gestión mediante el uso de indicadores.

En la figura 5, se muestra, a modo de ejemplo, la interfaz de usuario del indicador “Número total de becas de iniciación CyT otorgadas” implementado en el sistema, con su información detallada. Puede notarse la evolución del indicador en el periodo considerado, el indicador de aguja mostrando la medición en referencia al 31-12-2018 y los umbrales definidos. Con este diseño puede analizarse cada indicador de forma particular, luego del primer análisis general obtenido a partir del TC implementado.

Figura 4

Tablero de control implementado. Interfaz gráfica de usuario



Figura 5

Indicador “Número total de becas de iniciación científica otorgadas”. Interfaz gráfica de usuario



El *software* para la gestión por indicadores fue realizado en el marco de la implementación del plan estratégico de formación de ingenieros (PEFI), impulsado por la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) y que tiene como objetivo incrementar la cantidad de graduados en ingeniería. Intervinieron las facultades de Agronomía, Ingeniería y Ciencias Exactas de la UNCPBA, que participaron como adoptantes de la solución mediante la implementación de las herramientas en servidores propios.

4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo, se ha planteado una propuesta de diseño de indicadores de I+D en espacios de educación superior, definiendo inicialmente 5 objetivos estratégicos relacionados con el área de gestión en I+D, en particular, con el otorgamiento de becas de iniciación en actividades científico-tecnológicas. Se ha presentado el diseño de un conjunto de indicadores para el caso de un objetivo estratégico: incrementar la cantidad de estudiantes con becas de iniciación científica en la Facultad de Ingeniería-UNCPBA, apuntando a contribuir a la creación de un CMI de la facultad, planteando inicialmente la construcción de un tablero de control operativo (TCO) para el objetivo mencionado.

Los resultados muestran que debe trabajarse en conjunto con las metas definidas, para que la medición resulte una herramienta para la toma de decisiones. El indicador es entonces una herramienta de medición que permite conocer el estado de una variable determinada, no obstante, las metas definidas lo transforman en un elemento de gestión de mejora continua.

Se concluye que el TC implementado brinda la información necesaria para poder gestionar mediante el uso de indicadores. Se puede, entonces, tomar decisiones y realizar acciones a partir de lo reflejado por el TC (véase tabla 4), en conjunto con los lineamientos trazados en la planificación estratégica institucional. No obstante, cada medición brinda información en sí misma, con lo que se puede analizar cada dato en particular (véase la tabla 7), dado que se cuenta con la ficha metodológica de cada indicador e, inclusive, analizar cuestiones ya acontecidas para poder mejorar la calidad de cada decisión.

Por otro lado, metodologías como el CMI ya incluyen la noción de objetivos o metas desde el principio de su desarrollo, pero se considera adecuado en una primera etapa, la definición de objetivos, con sus correspondientes indicadores y metas, que posibilite la implementación de un tablero de control por área de interés (Illescas, 2014). Pueden pensarse, luego, diferentes objetivos en un mapa estratégico de relaciones causa-efecto, para dar paso a un CMI como un sistema integrado de gestión institucional.

Luego del análisis realizado puede afirmarse que el uso de herramientas como el TC y el BSC poseen un amplio grado de desarrollo en el sector financiero y empresarial. Su utilización en instituciones de educación superior, en especial, para la gestión mediante el uso de indicadores, se presenta como un área menos desarrollada. Se destaca el trabajo realizado por Al-Hosaini y Sofian (2015), en el que se analizaron 29 casos de aplicación del BSC en instituciones de educación superior en diferentes lugares del mundo y sus diferentes motivaciones.

Con relación a otras investigaciones sobre la temática, el presente trabajo se ha centrado en el diseño de indicadores de I+D en una institución de educación superior, para conformar un tablero de control operativo, pues en el estado actual de conocimiento se ha notado una carencia sobre este tema en particular. Se han tomado como base las postulaciones y otorgamientos de becas de iniciación en actividades científico-tecnológica, pues la planificación estratégica de la facultad ha planteado a la iniciación científica como pilar para la formación en I+D. Los valores obtenidos a través de los indicadores implementados han permitido definir acciones en estos últimos años, permitiendo tomar decisiones de corrección donde ha sido necesario, impactando en la política de gestión de becas de I+D en la facultad.

REFERENCIAS

- Al-Hosaini, F. F., & Sofian, S. (2015). A review of balanced scorecard framework in Higher Education Institution (HEIs). *International Review of Management and Marketing*, 5(1), 26-35. <https://econjournals.com/index.php/irmm/article/view/1055>
- Almuiñas, J. L., & Galarza, J. (2012). El proceso de planificación estratégica en las universidades: desencuentros y retos para el mejoramiento de su calidad.

- Revista Gestão Universitaria en América Latina GUAL*, 5(2), 72-97. <http://dx.doi.org/10.5007/1983-4535.2012v5n2p72>
- Arias Montoya, L., Castaño Benjumea, J. C., & Lanzas Duque, A. M. (2005). *Balanced scorecard* en instituciones de educación superior. *Scientia et Technica*, XI(27), 181-184. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84911698032>
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2003, octubre). UNNE 66175:2003. *Sistemas de gestión de la calidad. Guía para la implantación de sistemas de indicadores.*
- Atencio, J., & Sánchez, G. (2009). El control de gestión estratégica en organizaciones. *Revista del Centro de Investigación de Ciencias Administrativas y Gerenciales - CICAG*, 6(1), 15-29. <https://ojs.urbe.edu/index.php/cicag/article/view/946>
- Ballvé, A. M. (2000). *Tablero de control. Organizando información para crear valor. Textos y casos de empresas.* Ediciones Macchi.
- Fernández, A. (2001). El Balanced Scorecard: ayudando a implantar la estrategia. *IESE - Revista de Antiguos Alumnos*, 31-42.
- Freire-Andrade, V., Rocha-Hoyos, J. C., Esquetini-Cáceres C., & LLanes-Cedeño, C. A. (2019). Análisis de la planificación estratégica para la gestión de las universidades particulares. Una alternativa exitosa. *Revista Espacios*, 40(2), 1-7. <https://www.revistaespacios.com/a19v40n02/19400225.html>
- Galindo, A. G. (2005). *Balanced Scorecard como sistema de alinhamento e controle estratégico da gestão* [Simposio]. II Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia - SEGeT'2005, Brasil.
- Haddadi, F., & Yaghoobi, T. (2014). Key indicators for organizational performance measurement. *Management Science Letters*, 4(9), 2021-2030, <http://dx.doi.org/10.5267/j.msl.2014.8.019>
- Illescas, G. (2014). *Aplicación de métodos matemáticos en el control de gestión por indicadores* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires]. Repositorio RIDAA. <https://www.ridaa.uncen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/693>
- Illescas, G., Sánchez Segura, M. I., & Xodo, D. (2014). Una aproximación a la aplicación de métodos matemáticos en el control de gestión por indicadores. *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*, 22(35), 199-215. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/epio/article/view/20274>
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1992). The Balanced Scorecard—Measures that drives performance. *Harvard Business Review*, 70(1), 71-79.

- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). *The Balanced Scorecard: Translating strategy into action*. Harvard Business School Press.
- Lima, M., Ribeiro Serra, F., Meyer Jr., V., & Portugal Ferreira, M. (2009). Modelando o BSC para as universidades do sistema ACADE. *Revista Organizações em Contexto*, 5(9), 46-68. <https://doi.org/10.15603/1982-8756/roc.v5n9p46-68>
- Martins, B. A. (2015). Proposta de un mapa estratégico para uma universidade pública. *Revista Evidenciação Contábil & Finanças*, 3(2), 88-103. <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/recfin/article/view/25148>
- Moreno Freites, Z., Caballero, A. E., & Bastidas Bermúdez, E. (2010). Planificación estratégica y el cuadro de mando integral: herramientas de gestión para mejorar la prestación de los servicios universitarios. *Teorías, Enfoques y Aplicaciones en las Ciencias Sociales*, 3(5), 10-23. <https://revistas.uclv.org/index.php/teacs/article/view/1758>
- Ojeda, M., & Palermo, M. (2007). *Normas generales para el sistema de información mediante indicadores sobre competitividad, productividad y calidad en salud*. [Trabajo final integrador, Instituto Universitario Isalud]. http://auditoriamedica.files.wordpress.com/2009/01/normas_generales.pdf
- Olve, N. G., Roy, J., & Wetter, M. (2000). *Implantando y gestionando el cuadro de mando integral. Guía práctica del Balanced Scorecard*. Editorial Gestión 2000.
- Pietrzak, M., Paliszkiwicz, J., & Klepacki, B. (2015). The application of the balanced scorecard (BSC) in the higher education setting of a Polish university. *Online Journal of Applied Knowledge Management*, 3(1), 151-164. https://www.iiakm.org/ojakm/articles/2015/volume3_1/OJAKM_Volume3_1pp151-164.pdf
- Rech Storch, C. R., Benitez Nara, E. O., & Storch, L. A. (2004, 3-5 de noviembre). *Ferramenta para otimização da tomada de decisões: estudo de caso de uma indústria de porte médio* [Simposio]. XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Florianópolis, SC, Brasil.
- Rincón B., R. D. (1998). Los indicadores de gestión organizacional: una guía para su definición. *Revista Universidad EAFIT*, 34(111), 43-59. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/1104>
- Soler González, R. H., & Robaina, D. A. (2009). Experiencias en el diseño e implementación del cuadro de mando integral. *Ingeniería Industrial*, XXX(2), 1-4. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360433569011>
- Souza, P., Souza, R. M., Petri, S. M., & Lunkes, R. J. (2015). Development of balanced scorecard as a strategic management for a graduate program. *IEEE Latin America Transactions*, 13(1), 277-283. <https://doi.org/10.1109/TLA.2015.7040659>

Stewart, A. C., & Carpenter-Hubin, J. (2001). The Balanced Scorecard: Beyond reports and rankings. *Planning for Higher Education*, 29(2), 37-42.

Tripodi, G. D., & Illescas, R. G. (2006). Intelligent Organizations: Knowledge Computing Management. En M. M. Cunha, B. C. Cortes y G. D. Putnik (Eds.), *Adaptive Technologies and business integration: social, managerial and organizational dimensions* (pp. 244-262). Idea Group Reference.

MODELO PARA LA DEFINICIÓN DE LOS REQUISITOS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN EN UNA ORGANIZACIÓN DE SALUD DE MAR DEL PLATA, ARGENTINA

LUCIANA BELÉN TABONE*

<https://orcid.org/0000-0003-3755-5336>

VERÓNICA AÍDA MORTARA

<https://orcid.org/0000-0003-2387-2963>

Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ingeniería,
Buenos Aires, Argentina

Recibido: 27 de enero del 2022 / Aprobado: 14 de marzo del 2022

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n42.5705>

RESUMEN: El trabajo define los requisitos para el desarrollo de un sistema de información en una organización de salud de Mar del Plata, Argentina. Se combinan las metodologías participativas de investigación operativa *soft* y el proceso analítico de jerarquías para facilitar la toma de decisiones organizacionales. La propuesta contribuye al desarrollo efectivo y sistémico del proceso decisorio, considerando la infraestructura informacional, características de los decisores y condiciones estructurales y funcionales de la organización.

PALABRAS CLAVE: investigación operativa *soft* / proceso analítico de jerarquías / sistemas de información / toma de decisiones

REQUIREMENTS DEFINITION MODEL OF AN INFORMATION SYSTEM IN A HEALTH ORGANIZATION OF THE CITY IN MAR DEL PLATA, ARGENTINA

ABSTRACT: This study defines the development requirements of an information system in a health organization in Mar del Plata, Argentina. It combines the participatory methodologies of Soft System Methodology and Analytic Hierarchy Process to facilitate organizational decision making. The proposal contributes to the effective and systemic development of the decision-making process, considering the informational infrastructure, characteristics of decision-makers and structural and functional conditions of the organization.

KEYWORDS: soft system methodology / analytic hierarchy process / information systems / decision making

* Correos electrónicos en orden de aparición: ltabone@fi.mdp.edu.ar, vmortara@fi.mdp.edu.ar

1. INTRODUCCIÓN

En la gestión estratégica empresarial resulta ineludible el reconocimiento del proceso de toma de decisiones como clave para lograr ventajas competitivas sostenibles en el marco de un entorno globalizado. Este proceso está condicionado por factores externos e internos, donde a menudo es necesario confrontar situaciones problemáticas complejas, 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 (Valqui Vidal, 2010). En otras palabras, el entorno resulta complejo e incierto porque las principales variables a considerar son siempre cambiantes y por la fuerte incidencia de las personas que participan. De esta manera, los resultados del proceso decisional dependen tanto de cuestiones tecnológicas como de las personas o grupos humanos que los operan (Zanazzi et al., 2014; Tabone et al., 2021).

Para sistematizar y reducir los niveles de riesgo e incertidumbre en el proceso de toma de decisiones estratégicas, resulta necesaria la implementación de herramientas que permitan enfrentar problemas y oportunidades. Se debe lograr una articulación coherente entre los recursos y capacidades organizacionales que garanticen el cumplimiento de los objetivos y la estrategia institucional, permitiendo un desarrollo continuo o ajustes satisfactorios en la planificación estratégica (Wilson et al., 2010; Rodríguez Cruz & Pinto, 2018).

Un recurso clave para la toma de decisiones estratégicas es la información, debido al impacto que genera en el desempeño organizacional y frente a la necesidad que presentan los actores del ambiente interno y externo de su disposición en tiempo y forma para tomar decisiones efectivas (Jansen et al., 2011; Vecchiato, 2012, González et al., 2019). En esta línea, un sistema de información se convierte en una importante herramienta que puede generar valor para la empresa y permite tomar mejores decisiones, aumentar su eficiencia y brindar mejor servicio al cliente. Es por ello, que los sistemas de información, particularmente, los *software* de gestión empresarial, permiten que mayor cantidad de personas tengan acceso a la información y la compartan, para reemplazar los pasos secuenciales con tareas que se pueden realizar en forma simultánea (Laudon & Laudon, 2012; Lapiedra Alcamí et al., 2021). Para tener un sistema de información apropiado, es conveniente la participación de los usuarios en la definición de los requerimientos ya que facilita la recolección de hechos y contribuciones valiosas, son quienes emplearán el sistema y por ello tendrán un interés legítimo en involucrarse en su desarrollo (Chou et al., 2012; Cáceres, 2014, Maida & Pacienza, 2015; Rodríguez Castilla et al., 2017).

Dado el carácter informacional del proceso de toma de decisiones estratégicas y ante la necesidad de abordarlo de forma interactiva, resulta ineludible la aplicación de metodologías participativas que involucren a todos los actores del proceso y se apoyen en sistemas de información integrados.

El presente trabajo toma como caso de estudio una organización que presta servicios especializados en la prevención, atención y reinserción social de personas que hacen un uso indebido de drogas. En la actualidad, no existe un sistema de información o *software* de gestión integral, se implementan registros en papel y en planillas de cálculo electrónicas, carteleras e informes en procesadores de texto que se almacenan en la nube para permitir el acceso de todas las áreas. Ante la creciente demanda de tratamiento y las falencias del actual manejo de la información, es necesario la implementación de un *software* de gestión que facilite la toma de decisiones estratégicas a largo plazo y las decisiones operativas de cada área. El objetivo del trabajo es definir los requisitos para el diseño de un *software* de gestión integral combinando las metodologías participativas de investigación operativa *soft* y proceso analítico de jerarquías. Si bien esta metodología es aplicada a un caso concreto, es factible su aplicación para la estructuración de problemas en organizaciones de distinta índole o naturaleza, en función de sus características y necesidades particulares.

Este trabajo contiene una introducción que detalla el caso de estudio y problemática abordada, luego se presenta un subapartado con los principales antecedentes teóricos y prácticos del área de estudio, se continúa con la especificación de la metodología propuesta y, finalmente, se exponen los resultados obtenidos, discusión y conclusiones más relevantes.

1.1 Antecedentes

La gestión estratégica es una herramienta fundamental para administrar y ordenar los cambios en todo tipo de organización. Esta define sus objetivos y estrategias y reconoce la importancia de la toma de decisiones basadas en las demandas existentes y futuras del ambiente interno y externo (David, 2003; García Paz, 2010; Chiavenato & Sapiro, 2011; González et al., 2019).

Para que las organizaciones puedan alcanzar ventajas competitivas y ser sostenibles es necesario que desarrollen procesos decisionales efectivos. Esto implica el empleo de recursos significativos y la participación de actores de diversos niveles y funciones dentro de las organizaciones (Rodríguez-Ponce & Pedrajas-Rejas, 2009). Debe ser un proceso planificado, participativo e informacional que permita solucionar problemas, aprovechar oportunidades y evitar riesgos organizacionales (Rodríguez Cruz, 2013; Lapiedra Alcamí et al., 2021). De esta manera, la disponibilidad de información simple, oportuna, confiable, íntegra, completa, veraz, auténtica, verificable y accesible se convierte en un recurso estratégico clave para el proceso de toma de decisiones (Miranda, 2001; Bettis-Outland, 2012; Rodríguez Cruz & Pinto, 2018).

Para la puesta en valor de la información se requiere su integración con las tecnologías, los recursos humanos y los procesos organizativos de la empresa mediante

el uso de sistemas de información. Un sistema de información recopila, elabora y distribuye la información necesaria para la operación de la empresa en función de sus necesidades y características particulares (Andreu et al., 1996; Antúnez & Valero, 2015; Chávez Lira, 2019). En consecuencia, un sistema de información es una herramienta de apoyo al proceso de toma de decisiones organizacionales (David, 2003; González et al., 2019).

Desde la perspectiva de los recursos humanos, diversos autores recomiendan la definición e implementación de los sistemas de información de manera participativa, involucrando en equipos de trabajo a los usuarios y a los desarrolladores del sistema (Andreu et al., 1996; Terry & Standing, 2004; Rodríguez Castilla et al., 2017). La importancia de su participación radica en que los sistemas se construyen para satisfacer las necesidades particulares del usuario, en función de los objetivos estratégicos de la organización y es el usuario quien tiene el conocimiento del funcionamiento de los procesos y los requerimientos informacionales (Arellano Rodríguez, 2008; Lapedra Alcamí et al., 2021).

Una forma de abordar de manera participativa y hacer frente a las necesidades conjuntas es por medio de la implementación de investigación operativa *soft* (en adelante, SSM, por sus siglas en inglés), analizando las situaciones problemáticas entre los grupos, empleando entrevistas y reuniones entre las partes involucradas para comprender mejor la situación y su contexto. Su principal función es la de estructurar problemas antes de intentar resolverlos (Wang et al., 2015; Zanazzi & Gomes, 2009). En esencia, la SSM intenta sistematizar y reducir los niveles de riesgo e incertidumbre en el proceso de toma de decisiones, promueve la estructuración de problemas a través de información cualitativa, entrevistas, diálogo sistémico y holístico, talleres, escenarios, métodos estratégicos, mapas cognitivos y métodos sistémicos, a la vez que favorece la participación y la facilitación de procesos grupales (Valqui Vidal, 2010). La estructuración de problemas constituye un proceso organizado de aprendizaje iterativo en el que se explora la situación por medio de un conjunto de modelos de acción intencionada para informar y estructurar la discusión sobre una situación y cómo podría mejorarse. Es decir, se procura construir una representación formal, en la cual se integran componentes objetivos del problema y aspectos subjetivos de los actores, de forma que el sistema de valores quede explícito (Eden, 1988; Checkland & Poulter, 2020).

Frente a varias alternativas de decisión con características que las hacen únicas, la toma de decisiones no puede basarse en un solo atributo. Existen diversas técnicas que consideran evaluar simultáneamente varios atributos, estos pueden ser cualitativos y cuantitativos, de un conjunto de alternativas y, por otro lado, permiten que la evaluación sea realizada mediante un grupo de decisión y no por una sola persona,

lo que implica que esta sea más acertada (Salas Bacalla et al., 2014; Gil Torrijos, 2018). Uno de los métodos que suele utilizarse como apoyo a la toma de decisiones en contextos de múltiples dimensiones de valoración es el proceso analítico de jerarquías (en adelante, AHP, por sus siglas en inglés). Este permite la resolución de problemas complejos, donde la mejor decisión u opción es derivada de criterios múltiples y de disímiles miradas de los decisores ante las distintas alternativas de solución. Es un método sencillo, lógico y estructurado que ayuda a la toma de decisiones de trabajo, basado en la descomposición del problema en una estructura jerárquica multinivel de objetivos o metas, criterios, subcriterios y alternativas (Martínez Rodríguez, 2007; Xu & Liao, 2014; Tapiero et al., 2017). El AHP se basa en tres principios rectores: construcción de las jerarquías, establecimiento de prioridades y una consistencia lógica. Este tiene una gran aceptación en grandes proyectos y es uno de los métodos de valoración cualitativa más utilizado (Munier, 2011; Gómez Montoya et al., 2015; Nantes, 2019; Gonzalez-Urango, 2021; Serrano et al., 2021). Es una técnica que, desde su invención, ha sido sumamente utilizada por los responsables de la toma de decisiones y los investigadores por su extenso campo de aplicación como lo son la planificación, la selección de la mejor alternativa, la asignación de recursos, la resolución de conflictos, la optimización, la selección de una considerable lista de proyectos de tecnologías de la información, entre otros (Rivera Chávez, 2008; Huamaní Huamaní & Eyzaguirre Tejada, 2015; Vaidyaa & Kumarb, 2006).

2. METODOLOGÍA

La metodología desarrollada analiza el caso de una organización de salud de la ciudad de Mar del Plata, abordado mediante una investigación mixta, cualitativa y cuantitativa. Inicialmente, se analizan datos en forma descriptiva y, luego, mediante la aplicación de las herramientas propuestas, se realizan cálculos matemáticos para obtener las priorizaciones de las debilidades y definir los requisitos del sistema de información.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- a. Se realizan dos entrevistas al gerente, una primera en profundidad y una segunda semiestructurada, para conocer las características, problemáticas y necesidades de la organización. Se hacen visitas *in situ*, para comprender su funcionamiento
- b. Se recopila toda la información inherente al proceso de servicio que presta la organización.
- c. Mediante la implementación de SSM, se efectúa la estructuración del problema y se definen los requisitos más importantes del *software* de gestión. Se llevan a cabo una serie de reuniones de trabajo programadas con los

actores involucrados en los procesos claves de la organización en la que participan el gerente, la responsable del área terapéutica, el director médico, el responsable de finanzas y los investigadores de operaciones. Se desarrollan los pasos 1 a 5 de la metodología SSM, quedando fuera del alcance de este trabajo sus dos últimos pasos (6 y 7). Para la priorización de las debilidades detectadas y definición de requisitos, paso 3 de la SSM, se elabora un AHP que se procesa en el *software* Expert Choice®.

Checkland y Holwell (1998) resumen el desarrollo de SSM para la estructuración del problema en siete etapas o pasos que se describen a continuación:

- a. Expresar la situación problemática. Se discute libremente la situación problemática que requiere ser analizada formalmente y se comienzan a vislumbrar formas de acotar el problema. Los participantes expresan sus opiniones sobre el sistema de información actual mediante la aplicación de la técnica de lluvia de ideas, identificando las principales debilidades, sus áreas de origen e impacto.
- b. Representación de la situación expresada mediante la técnica de gráfico enriquecido. Este paso consiste en definir formalmente el problema, analizando las situaciones que lo generan y sus consecuencias. En el gráfico se visualizan las áreas involucradas con colores diferentes. Las líneas que salen por área representan las debilidades que generan, identificadas con su número correspondiente, y finalizan en las áreas impactadas.
- c. Constituir definiciones raíces. El propósito es definir mediante una sola oración un proceso de la organización que requiere ser transformado o cambiado. Una definición raíz bien estructurada debe contener tres partes que son: qué hacer, cómo hacerlo y por qué hacerlo. Las definiciones raíces se elaboran según los diferentes puntos de vista de las personas involucradas. La metodología propone especificar seis elementos que contribuyen a profundizar los alcances de la definición raíz y que se resumen en la sigla CATWOE (véase tabla 1).

Tabla 1

Significado de CATWOE

Inicial	Significado
C	<i>Costumers</i> : clientes, beneficiarios o afectados con el proceso de transformación
A	<i>Actors</i> : personas involucradas
T	<i>Transformation process</i> : transformación, conversión de las entradas en salidas
W	<i>Worldview o weltanschauung</i> : punto de vista
O	<i>Owners</i> : <i>stakeholders</i> , todos aquellos que pueden parar la transformación
E	<i>Enviroment</i> : entorno

Nota. Adaptado de Information, systems and information systems making sense of the field, por P. Checkland y S. Holwell, 1998, John Wiley and Sons.

En esta etapa se implementa el AHP para priorizar la definición de los requisitos del nuevo sistema de información. Para su desarrollo resulta fundamental la ejecución de las siguientes acciones (Saaty, 2008):

- i. Definir el problema, estableciendo sus componentes o elementos relevantes.
 - ii. Estructurar la jerarquía del problema, definiendo la meta global, alternativas de decisión y criterios de selección.
 - iii. Establecer las preferencias: los decisores expresan sus juicios de valor mediante la utilización de matrices de comparaciones pareadas. Se emplea la escala de Saaty (2008) con valores de 1 a 9, para cuantificar la importancia relativa de los elementos.
 - iv. Síntesis: proporciona las prioridades relativas de las alternativas de decisión respecto a cada criterio y también las prioridades relativas de los criterios respecto al objetivo o meta global.
 - v. Consistencia: para determinar la calidad de decisión final se calcula la consistencia de juicios del tomador de decisiones por medio de la relación de consistencia, cuyo valor debe ser superior a 0,10 para indicar que los juicios emitidos son consistentes.
 - vi. Resultado final: se obtiene el ordenamiento o priorización de las alternativas respecto al objetivo establecido.
- d. Elaborar modelos conceptuales. Para cada definición raíz, se elaboran modelos conceptuales que representen las actividades que se requieran desarrollar para llevar a cabo los cambios planteados en el punto 3.

- e. Comparación de modelos. Se comparan los modelos presentados en los pasos 2 y 4 para visualizar las diferencias y similitudes entre situación informacional actual y el modelo propuesto para el sistema de información de la organización.
- f. Definición de cambios factibles. Una vez realizado el análisis comparativo de la situación actual frente a la ideal, el equipo de trabajo, en común acuerdo, define y propone los cambios que se requieren implementar para solucionar el problema inicialmente planteado.
- g. Transformaciones para mejorar la situación problemática. Este paso se refiere a la implementación de los cambios propuestos que fueron detectados en el paso 6. Este último paso no representa el fin de la metodología, pues en su aplicación se transforma en un ciclo de continua conceptualización y habilitación de cambios, siempre tendiendo a mejorar la situación.

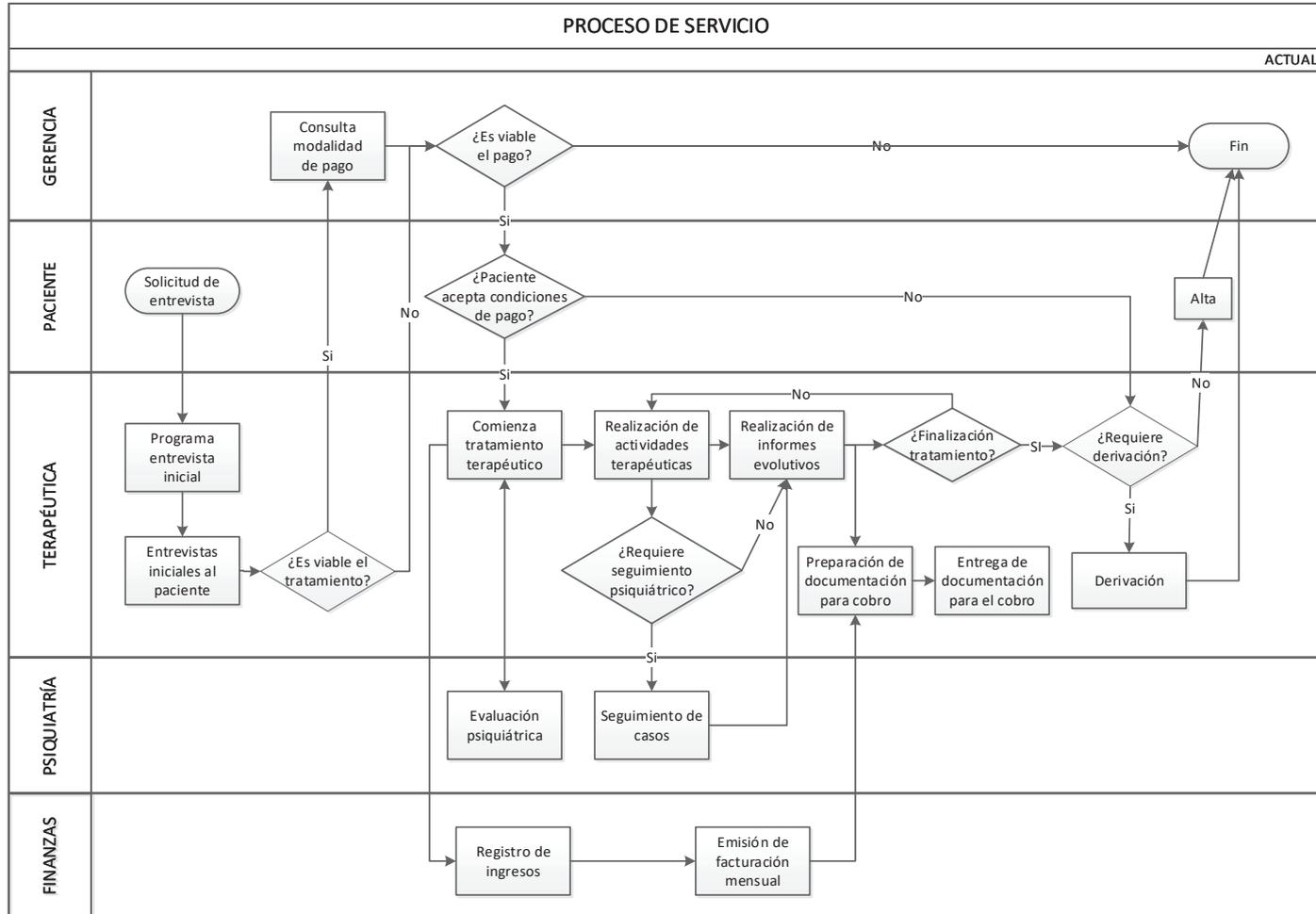
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Proceso de servicio

El proceso de servicio es similar para las tres modalidades de tratamiento brindados, lo que varía es el tiempo en que el paciente permanece en la institución. Se comienzan con las entrevistas iniciales para la admisión del paciente y, luego, si es factible su inserción en alguna modalidad, comienza el tratamiento terapéutico. El tiempo total en que un paciente puede obtener el alta oscila entre 2 a 3 años, según su evolución. Esta variación se debe a que es un servicio profesional altamente personalizado según las características y necesidades de cada paciente. El costo del tratamiento posee una cobertura por los servicios de salud o puede afrontarse de forma particular y su facturación se realiza en forma mensual. Para una mayor comprensión del proceso global se presenta en la figura 1 un diagrama de flujo con las distintas áreas involucradas en cada etapa.

Figura 1

Proceso de servicio de la organización



3.2 Estructuración del problema

Para comenzar con el proceso de estructuración del problema, se desarrollaron los pasos de la SSM, cuyos resultados se detallan a continuación:

Paso 1: se identificaron, en base a las necesidades estratégicas y operativas de la organización y sus objetivos, once debilidades con sus áreas de origen e impacto, según se muestra en la tabla 2.

Paso 2: se confeccionó el gráfico enriquecido (véase figura 2) y se observó que las áreas que poseen mayor impacto son gerencia, psicología, terapia ocupacional y trabajo social. El mayor número de debilidades fueron generadas por psicología, ya que realiza la mayoría de las operaciones del proceso de servicio al cliente, y en menor medida por finanzas.

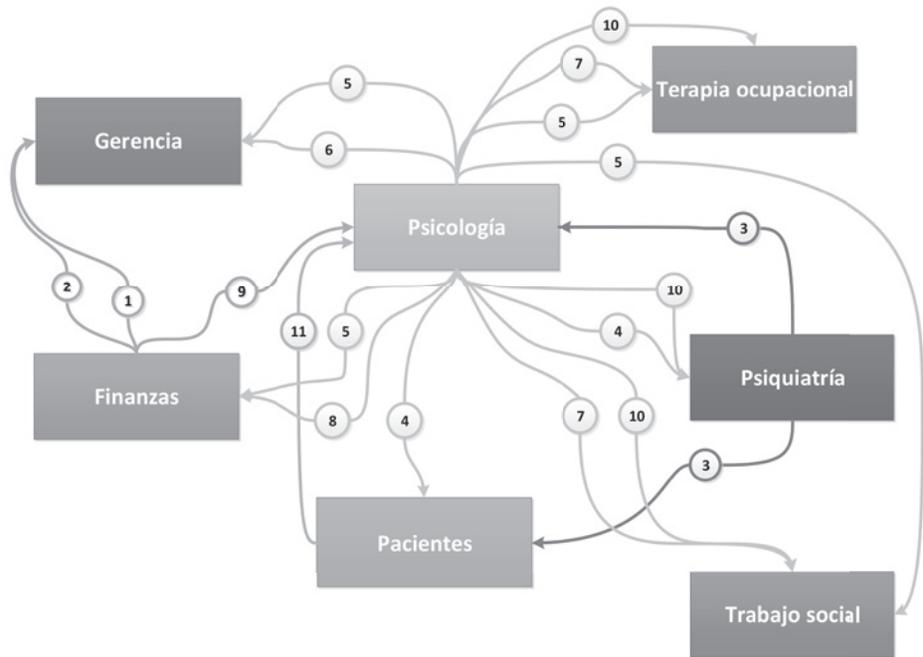
Tabla 2

Debilidades del actual sistema de información

Debilidades		Terapéutica						
		Gerencia	Psicología	Trabajo social	Terapia ocupacional	Psiquiatría	Finanzas	Pacientes
Área de origen: 0								
Área de impacto: X								
1	Falta de seguimiento de los cobros.	X						0
2	Falta de información para generación de indicadores de gestión estratégicos.	X						0
3	La información de evaluaciones y seguimiento psiquiátricos no está disponible en tiempo y forma.		X			0		X
4	Falta de informatización de la programación de las entrevistas iniciales		0			X		X
5	Información sobre entrevistas iniciales en registros de papel.	X	0	X	X		X	
6	Faltan datos e indicadores de cantidad de ingresos, permanencia, altas tempranas o altas de los pacientes.	X	0					
7	Información sobre grupos terapéuticos en registros papel		0	X	X			
8	Retraso de generación de informes evolutivos/cierres.		0				X	
9	Retraso en la generación de facturas.		X					0
10	Falta de trazabilidad en el semáforo evolutivo de cada paciente		0	X	X	X		
11	Planilla del registro comportamental de cada grupo terapéutico en formato papel y evaluación final se realiza de forma manual.		X					0
Total 0		0	5	0	0	1	3	1
Total X		4	3	3	3	2	2	2

Figura 2

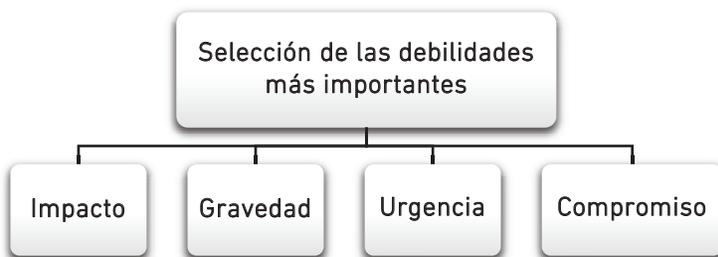
Gráfico enriquecido



Paso 3: la estructura jerárquica del AHP se presenta en la figura 3. La meta consistió en la selección de las debilidades más importantes y las alternativas planteadas fueron los grupos de debilidades, según las cuatro áreas de la organización y los pacientes.

Figura 3

Estructura jerárquica AHP



La selección se realizó en base a los siguientes criterios:

- Impacto: se refiere a la cantidad de impactos que se generan por las debilidades.
- Gravedad: se refiere a la magnitud del potencial daño o perjuicio que puede derivarse de las debilidades.
- Urgencia: se refiere al plazo de tiempo necesario para resolver la debilidad.
- Compromiso: se refiere al grado de compromiso y apoyo de los actores relevantes para superar las debilidades.

El primer criterio es cuantitativo y su valor se obtiene de la tabla 2. Los tres criterios restantes son cualitativos.

A modo de ejemplo, se presenta en la tabla 3 la matriz de comparación pareada y los pesos obtenidos para los criterios de selección. Se observa que el impacto y la gravedad fueron los factores más importantes a la hora de evaluar las debilidades por parte de la gerencia.

Tabla 3

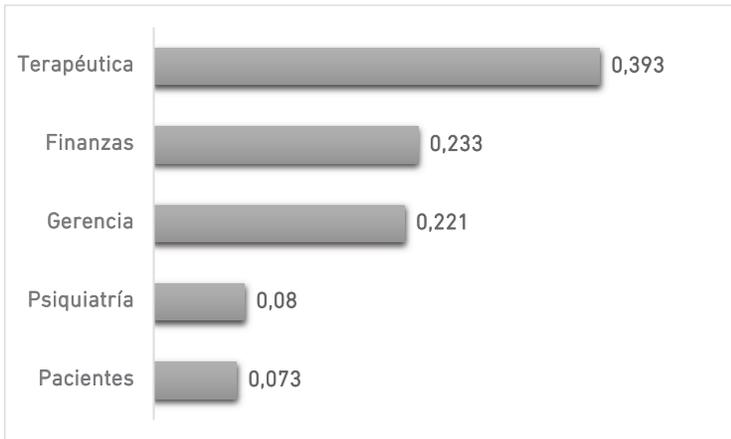
Matriz de comparación pareada y pesos de criterios de selección

	Impacto	Gravedad	Urgencia	Compromiso	Pesos
Impacto	1	2	3	4	0,470
Gravedad	½	1	2	3	0,280
Urgencia	⅓	½	1	1	0,136
Compromiso	¼	⅓	1	1	0,114

Se procesó toda la información en el *software* Expert Choice® y se obtuvo la prioridad global de cada alternativa según se muestra en la figura 4. De esta manera, el resultado fue la siguiente jerarquización: terapéutica, finanzas, gerencia, psiquiatría y pacientes. Los índices de consistencia obtenidos fueron aceptables para todos los juicios realizados, alcanzando un índice global de 0,0117.

Figura 4

Prioridad global de cada alternativa



A partir de estos resultados, se decidió priorizar la definición de los requisitos para afrontar las debilidades de las áreas terapéutica, finanzas y gerencia. Los requisitos o acciones propuestas se presentan en la tabla 4. Luego, para cada una de ellas se establecieron las definiciones raíces y el CATWOE (véanse tablas 5 y 6).

Tabla 4

Acciones por área

	Acciones/requisitos	Área
1	Incluir en el <i>software</i> de gestión reportes sobre la emisión de la facturación, el flujo de caja (ingresos y egresos) y seguimiento de cobros.	Gerencia
2	Definición de indicadores financieros y para la toma de decisiones estratégicas.	Gerencia
3	Registro de la información sobre la forma en que los pacientes tomaron conocimiento de la institución y segmento socioeconómico, forma de pago.	Gerencia
4	Definición de indicadores de ingresos, permanencia, altas tempranas y altas de los pacientes.	Gerencia
5	La facturación, recibos de pagos y egresos de dinero debería realizarse directamente desde el sistema (integrar a AFIP).	Finanzas
6	Generación de un módulo para la programación de las entrevistas iniciales a los potenciales pacientes y generación de base de datos de las entrevistas.	Terapéutica
7	Generación de registros digitales en el sistema de las entrevistas iniciales y generación automática de las historias clínicas en informe inicial de los pacientes.	Terapéutica
8	Generación de registros digitales en los grupos terapéuticos de las tres subáreas y coloquios individuales y generación de indicadores de desempeño del área.	Terapéutica

(continúa)

(continuación)

9	Generación de registros digitales de los informes evolutivos/cierres de cada paciente.	Terapéutica
10	Generación de un módulo con el semáforo evolutivo de cada paciente, con estadísticas e integración con los registros de grupos terapéuticos y coloquios individuales.	Terapéutica

Tabla 5*Definiciones raíces*

	Acciones (AC)	Qué	Cómo	Por qué
1	Incluir en el <i>software</i> de gestión reportes sobre la emisión de la facturación, el flujo de caja (ingresos y egresos) y seguimiento de cobros.	Implementar el módulo de reportes con la información financiera.	Desarrollo de un estudio de factibilidad que incluya el análisis y pruebas, parametrización y puesta en marcha del módulo.	Por los problemas financieros que genera la falta de esta información en tiempo y forma.
2	Definición de indicadores financieros y para la toma de decisiones estratégicas.	Implementar el módulo de reportes con indicadores sobre facturación, flujos de caja y cobros.	Definir indicadores de gestión estratégica y determinar datos necesarios para calcularlos.	Porque la toma de decisiones estratégicas se hace con poca información
3	Registro de la información sobre la forma en que los pacientes tomaron conocimiento de la institución, segmento socioeconómico y forma de pago.	Implementar en el módulo de reportes información para analizar estadísticamente dichas variables.	Relevar datos en los registros de las entrevistas iniciales.	Porque la toma de decisiones comerciales se hace con poca información.
4	Definición de indicadores de ingresos, permanencia, altas tempranas y altas de los pacientes.	Implementar un módulo de pacientes con estado de situación y módulo de reportes estadísticos para analizar dichas variables.	Desarrollo de un módulo de pacientes y relevar los datos de registros terapéuticos.	Porque no se analiza la eficiencia del servicio brindado.
5	La facturación, recibos de pagos y egresos de dinero debería realizarse directamente desde el sistema.	Implementar el módulo de finanzas con la funcionalidad de generar facturas, recibos e ingresar gastos y costos. Integrar sistema de facturación con AFIP.	Desarrollo de un estudio de factibilidad que incluya el análisis y pruebas, parametrización y puesta en marcha del módulo.	Porque esta documentación no está disponible en tiempo y forma.

(continúa)

(continuación)

6	Generación de un módulo para la programación de las entrevistas iniciales a los potenciales pacientes y generación de base de datos de las entrevistas.	Implementar un módulo de programación de entrevistas iniciales y generar reportes estadísticos.	Incluir la programación de las entrevistas y generar mensajes automáticos recordatorios a los potenciales pacientes y la posibilidad de cancelar. Generar alertas al personal.	Porque hay inasistencias de los entrevistados sin previo aviso
7	Generación de registros digitales en el sistema de las entrevistas iniciales y generación automática de las historias clínicas en el informe inicial de los pacientes.	Implementar un módulo de entrevistas iniciales con registros automatizados, estandarizados e integrados con las historias clínicas e informes iniciales.	Desarrollo de un estudio de factibilidad que incluya el análisis y pruebas, parametrización y puesta en marcha del módulo. Definir indicadores de eficiencia de ingresos y motivos de deserción.	Porque el relevamiento de la información es compleja e ineficiente y porque las decisiones se toman sin información suficiente.
8	Generación de registros digitales en los grupos terapéuticos de las tres subáreas y coloquios individuales. Generación de indicadores de desempeño del área.	Implementar un módulo terapéutico con los registros estandarizados para grupos y coloquios.	Desarrollo de un estudio de factibilidad que incluya el análisis y pruebas, parametrización y puesta en marcha del módulo. Definir indicadores de desempeño del área.	Porque el relevamiento de la información es compleja e ineficiente.
9	Generación de registros digitales de los informes evolutivos/ cierres de cada paciente.	Implementar registros digitales de los informes evolutivos/ cierres de cada paciente.	Disponer la información relevada en registros grupales y coloquios para facilitar la elaboración de los informes evolutivos/ cierre.	Porque se requiere agilizar su elaboración y tenerlo disponible en tiempo y forma por el área financiera para el cobro mensual.
10	Generar semáforo evolutivo de cada paciente con estadísticas e integración con los registros de grupos terapéuticos y coloquios individuales.	Informatizar el semáforo evolutivo e integrarlo con la información de los grupos y coloquios.	Disponer automáticamente de la información requerida para el semáforo para determinación del estado actual del paciente.	Para agilizar su elaboración y porque las decisiones se toman sin información suficiente.

Tabla 6
CATWOE

AC	C	A	T	W	O	E
	Clientes	Actores	Proceso de transformación	Punto de vista	Impedidores	Entorno
1	Gerencia	Gerencia Finanzas Pacientes	Generación de módulo de reportes.	Facilitar la toma de decisiones a largo plazo y de forma objetiva.	Desarrollador Finanzas	Disponibilidad de presupuesto para desarrollar el <i>software</i> y de desarrolladores calificados.
2	Gerencia	Gerencia Finanzas	Generación de reportes con indicadores financieros.	Facilitar la toma de decisiones a largo plazo y de forma objetiva.	Finanzas	Disponibilidad de presupuesto para desarrollar el <i>software</i> .
3	Gerencia	Gerencia Terapéutica	Recopilación de datos para generación de reportes estadísticos.	Facilitar la toma de decisiones a largo plazo y de forma objetiva.	Terapéutica Pacientes	Disponibilidad de presupuesto para desarrollar el <i>software</i> .
4	Gerencia Terapéutica	Terapéutica Gerencia Pacientes	Generación de módulo de pacientes, registros terapéuticos y reportes estadísticos.	Facilitar la toma de decisiones operativas del tratamiento en forma objetiva.	Terapéutica	Disponibilidad de presupuesto para desarrollar el <i>software</i>
5	Finanzas Gerencia	Finanzas Gerencia Pacientes	Generación de módulo de finanzas, registros financieros e integración de la facturación con la AFIP.	Disminuir procesos manuales, duplicidad de carga y disponibilidad oportuna de información.	Finanzas Desarrollador	Disponibilidad de presupuesto para desarrollar el <i>software</i> y de desarrolladores calificados.
6	Terapéutica Gerencia	Terapéutica Gerencia	Generación de módulo para agendar entrevistas con alertas.	Para evitar pérdidas de tiempo del personal ante las inasistencias.	Pacientes Terapéutica	Disponibilidad de presupuesto para desarrollar el <i>software</i> .

(continúa)

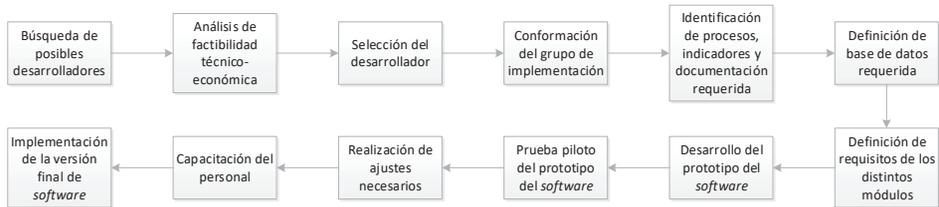
(continuación)

7	Terapéutica Gerencia	Terapéutica Gerencia	Generación de módulo de entrevistas iniciales, registros de entrevistas y utilizar esta información para integrarla a las historias clínicas e informes iniciales.	Para simplificar y agilizar el relevamiento e integración de la información y mejorar la toma de decisiones terapéuticas.	Terapéutica	Disponibilidad de presupuesto para desarrollar el <i>software</i> y de desarrolladores calificados.
8	Terapéutica Gerencia	Terapéutica Gerencia	Generación de módulo terapéutico, registros de grupos/coloquios. Generación de indicadores de desempeño.	Para simplificar y agilizar el relevamiento de la información y mejorar la toma de decisiones terapéuticas.	Terapéutica	Disponibilidad de presupuesto para desarrollar el <i>software</i> y de desarrolladores calificados.
9	Terapéutica Finanzas	Terapéutica Finanzas	Generación de los informes digitales e integración área terapéutica/ finanzas.	Para simplificar y agilizar la elaboración del informe y mejorar su disponibilidad.	Terapéutica	Disponibilidad de presupuesto para desarrollar el <i>software</i> y de desarrolladores calificados.
10	Terapéutica	Terapéutica Pacientes	Generación de semáforo evolutivo.	Para simplificar y agilizar la elaboración del semáforo y mejorar la toma de decisiones terapéuticas.	Terapéutica	Disponibilidad de presupuesto para desarrollar el <i>software</i> y de desarrolladores calificados.

Paso 4: el equipo de trabajo definió la secuencia de actividades que creían necesarias para desarrollar el *software* de gestión. El mapa conceptual (véase figura 5) se construyó en forma integral para todas las definiciones raíces ya que era complejo plantearlo de forma individual por la integración requerida para el sistema.

Figura 5

Mapa conceptual



Paso 5: en la tabla 7 se presenta la comparación entre la situación actual y el modelo presentado. Se evidencian las ventajas que implicaron la implementación del *software* de gestión, ya que permitió la disponibilidad de información oportuna y relevante para los niveles gerenciales como operativos, facilitando la toma de decisiones y tareas operativas y gerenciales. Asimismo, brinda un seguimiento del desempeño organizacional que sirve como retroalimentación para la mejora continua.

Tabla 7

Comparación de modelos

Situación actual	Modelo propuesto
La información no está disponible en tiempo y forma.	La información estará disponible en el momento y por el área requerida.
El relevamiento de la información es complejo e ineficiente.	La carga de registros será automática y estandarizada, disminuyendo el tiempo destinado a dicha actividad.
Las decisiones estratégicas y operativas se toman sin información suficiente.	Toda la información generada por cada área estará disponible para quien la necesite para la toma de decisiones estratégicas y operativas.
Inasistencias de los entrevistados sin previo aviso.	Se disminuirán las inasistencias sin previo aviso y permitirá una mejor programación para el área terapéutica.
Falta de indicadores de desempeño de las diferentes áreas.	Se dispondrá de reportes e indicadores de desempeño para cada área.

Pasos 6 y 7: si bien estos últimos dos pasos no formaron parte del presente trabajo, ya que la organización, como se indica en el mapa conceptual descrito en figura 5, debió iniciar una búsqueda y selección de desarrolladores para realizar el análisis de factibilidad correspondiente, el paso 7 comenzaría con la fase final que es el proceso de implementación del *software* de gestión integral propuesto, que abarca las actividades de desarrollo, prueba piloto e implementación de la versión final.

4. CONCLUSIONES

La implementación de la metodología de trabajo participativa SSM para la estructuración de problemas resultó de gran utilidad para conducir el proceso orientado a la definición de los requisitos del sistema de información de la organización bajo estudio. Facilitó la identificación sistemática y organizada de las debilidades del actual sistema de información y el impacto en las distintas áreas. En tanto, el proceso analítico de jerarquías permitió priorizar de forma consistente las debilidades más importantes de superar en relación a los criterios cualitativos y cuantitativos establecidos por la gerencia. En función de este análisis, se pudieron definir los requisitos para el *software* a desarrollar, plantear un mapa conceptual para su futura implementación y los beneficios que reportaría.

Se concluye que la multimetodología propuesta contribuyó al desarrollo efectivo y sistémico del proceso de toma de decisiones estratégicas, al tener en cuenta la infraestructura informacional que se requiere, las características de los decisores al usar información y las condiciones estructurales y funcionales de la organización en sus niveles de decisión. Sin embargo, se requiere un alto grado de compromiso y participación activa de los grupos de las partes interesadas para poder desarrollarla en forma efectiva y sostenible. Esto se debe a que la base de esta metodología es el aprendizaje y comprensión de situaciones problemáticas entre los actores involucrados, en lugar de abordar una situación predefinida. Así, este enfoque sirve de apoyo a los gerentes para mejorar los procesos de toma de decisiones en las organizaciones.

A futuro, para culminar con los pasos 6 y 7 de la SSM, se propone la evaluación y selección del desarrollador, mediante la aplicación de metodologías multicriterio, para luego proceder a la implementación del *software* requerido. Su aplicación permitirá mejorar la disponibilidad de información relevante, simplificar las tareas del personal y disminuir tiempos improductivos para la toma de decisiones. Estas mejoras impactarán de forma directa en el desempeño de toda la organización y en la calidad del servicio prestado al cliente, lo que se traduce en un agregado de valor para la organización y sus clientes.

REFERENCIAS

- Andreu, R., Ricart, J., & Valor, J. (1996). *Estrategias y sistemas de información*. McGraw-Hill.
- Antúnez, Y., & Valero, J. (2015). Calidad de los sistemas de información en los Centros de Investigación de la Universidad del Zulia. *Espacios Públicos*, 18(44), 163-175. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67644589008>
- Arellano Rodríguez, M. (2008). Sistemas de información: ¿adecuación a los cambios tecnológicos o herramienta de gestión? *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XIV(3), 528-545. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28011676008>
- Bettis-Outland, H. (2012). Decision-making's impact on organizational learning and information overload. *Journal of Business Research*, 65(6), 814-820. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2010.12.021>
- Cáceres, E. A. (2014). *Análisis y diseño de sistemas de información*. FACS-UNSJ. <https://es-static.z-dn.net/files/db8/114b542246805881d8bc04e43356f87f.pdf>
- Chávez Lira, K. (2019). Análisis de la relación entre el sistema de información y el sistema de control de gestión, para administrar los riesgos empresariales, en una empresa de transporte de carga y de personal. *Revista de Investigación Aplicada en Ciencias Empresariales*, 5(1), 147-179. <https://doi.org/10.22370/riace.2016.5.1.1878>
- Checkland, P., & Holwell, S. (1998). *Information, systems and information systems making sense of the field*. John Wiley and Sons.
- Checkland, P., & Poulter, J. (2020). Soft systems methodology. En M. Reynolds y S. Holwell (Eds.), *Systems approaches to making change: A practical guide* (pp. 201-253). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-7472-1_5
- Chiavenato, I., & Sapiro, A. (2011). *Planeación estratégica. Fundamentos y aplicaciones*. McGraw-Hill Education.
- Chou, H.-W., Lin, Y.-H., & Chou, S.-B. (2012). Team cognition, collective efficacy, and performance in strategic decision-making teams. *Social Behavior and Personality: An International Journal*, 40(3), 381-394. <https://doi.org/10.2224/sbp.2012.40.3.381>
- David, F. (2003). *Conceptos de administración estratégica*. Pearson Hall.
- Eden, C. (1988). Cognitive mapping. *European Journal of Operational Research*, 36, 1-13. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(88\)90002-1](https://doi.org/10.1016/0377-2217(88)90002-1)
- Gil Torrijos, M. (2018). *La selección de proveedores, elemento clave en la gestión de aprovisionamientos* [Tesis de maestría, Universidad de Oviedo]. Repositorio Institucional de la Universidad de Oviedo. <http://hdl.handle.net/10651/47803>

- Gómez Montoya, R. A., Zuluaga Mazo, A., & Vásquez Noreña, G. L. (2015). Método AHP utilizado para mejorar la recepción en el centro de distribución de una empresa de alimentos. *Ingenierías USBmed*, 6(2), 5-14. <https://doi.org/10.21500/20275846.1726>
- González, J., Salazar, F., Ortiz, R., & Verdugo, D. (2019). Gerencia estratégica: herramienta para la toma de decisiones en las organizaciones. *Telos*, 21(1), 242-256. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99357718032>
- Gonzalez-Urango, H. (2021). How the analytic hierarchy/network process supports a more responsible and committed research and innovation. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 13(3). <https://doi.org/10.13033/ijahp.v13i3.949>
- Huamaní Huamaní, G. T., & Eyzaguirre Tejada, R. (2015). Modelo de aplicación de ahp para seleccionar editor de contenidos de objetos de aprendizaje (modelo PAJOA-ECO). *Industrial Data*, 18(2), 121-125. <https://doi.org/10.15381/idata.v18i2.12104>
- García Paz, J. C. (2010). Pensamiento estratégico: herramienta de competitividad para una orientación gerencial del nuevo milenio. *Teorías, Enfoques y Aplicaciones en las Ciencias Sociales*, 2(4), 95-104. <http://www.ucla.edu/ve/dac/revistateacs/articulos/Rev4-Ens3-Garcia.pdf>
- Jansen, R. J. G., Curşeu, P. L., Vermeulen, P. A. M., Geurts, J. L. A., & Gibcus, P. (2011). Social capital as a decision aid in strategic decision-making in service organizations. *Management Decision*, 49(5), 734-747. <https://doi.org/10.1108/00251741111130823>
- Lapiedra Alcamí, R., Forés Julián, B., Puig Denia, A., & Martínez Cháfer, L. (2021). Introducción a la gestión de sistemas de información en las empresas. *Sapientia*, 178. <http://dx.doi.org/10.6035/Sapientia178>
- Laudon K. C., & Laudon, J. P. (2012). *Sistemas de información gerencial*. Pearson Educación.
- Maida, E., & Pacienza, J. (2015). *Metodologías de desarrollo de software* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Argentina]. Repositorio Institucional UCA. <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/522>
- Martínez Rodríguez, E. (2007). Aplicación del proceso jerárquico de análisis en la selección de la localización de una pyme. *Anuario Jurídico y Económico Escorialense*, 40, 523-542. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2267954>
- Miranda, R. C. (2001). Fonte de informação estratégica e não-estratégica. *DataGramZero*, 2(3). <https://brapci.inf.br/index.php/res/v/5134>
- Munier, N. (2011). *Procedimiento fundamentado en la programación lineal para la selección de alternativas en proyectos de naturaleza compleja y con objetivos múltiples* [Tesis

- de doctorado, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2204.3367>
- Nantes, E. A. (2019). El método Analytic Hierarchy Process para la toma de decisiones. Repaso de la metodología y aplicaciones. *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*, 27(46), 54-73. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/epio/article/view/26474>
- Rivera Chávez, A. (2008). IT project portfolio selection using analytic hierarchy process. *Industrial Data*, 11(2), 59-62. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81619829008>
- Rodríguez Castilla, L., González Hernández, D., & Pérez González, Y. (2017). De la arquitectura de información a la experiencia de usuario: Su interrelación en el desarrollo de *software* de la Universidad de las Ciencias Informáticas. *e-Ciencias de la Información*, 7(1), 1-24. <http://dx.doi.org/10.15517/eci.v7i1.24317>
- Rodríguez Cruz, Y. (2013). El impacto de la racionalidad limitada en el proceso informacional de toma de decisiones organizacionales. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, 24(1), 56-72. <http://www.acimed.sld.cu/index.php/acimed/article/view/401/282>
- Rodríguez Cruz, Y., & Pinto, M. (2018). Modelo de uso de información para la toma de decisiones estratégicas en organizaciones de información. *Transinformação*, 30(1), 51-64. <https://doi.org/10.1590/2318-08892018000100005>
- Rodríguez-Ponce, E., & Pedraja-Rejas, L. (2009). Análisis del impacto del proceso de toma de decisiones estratégicas sobre la eficacia de las organizaciones públicas. *Innovar*, 19(35), 33-46. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/innovar/article/view/28707>
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Salas Bacalla, J., Leyva Caballero, M., & Calenzani Fiestas, A. (2014). Modelo del proceso jerárquico analítico para optimizar la localización de una planta industrial. *Industrial Data*, 17(2), 112-119. <https://doi.org/10.15381/idata.v17i2.12056>
- Serrano, S., Alonso, P., & Rivera, M. (2021). Proceso Analítico Jerárquico (AHP) como método multicriterio para la localización óptima de estaciones intermodales. *Economía, Sociedad y Territorio*, 21(66), 315-358. <http://dx.doi.org/10.22136/est20211583>
- Tabone, L., Mortara, V., & Zanfrillo, A. (2021). Agregado de valor en proceso productivo combinando Soft Systems Methodology y simulación. *Ingeniería Industrial*, 42(1), 1-15. <https://rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/article/view/1043/1007>

- Tapiero, S., Trujillo Barrios, D., & Guzmán, N. (2017). Aplicação de processo AHP analytic hierarchy para definir o melhor café da avaliação dos cafés especiais. *Coffee Science*, 12(3), 374-380. <https://coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/1301>
- Terry, J., & Standing, C. (2004). The value of user participation in e-commerce systems development. *ECU Publications*, 7. <http://dx.doi.org/10.28945/501>
- Vaidyaa, O. S., & Kumarb, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of PAPlications. *European Journal of Operational Research*, 169(1), 1-29. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>
- Valqui Vidal, R. (2010). La investigación de operaciones: un campo multidisciplinario. *Operational Research: A multidisciplinary Field*, 47-52. <https://docplayer.es/77343715-La-investigacion-de-operaciones-un-campo-multidisciplinario>.
- Vecchiato, R. (2012). Environmental uncertainty, foresight and strategic decision making: An integrated study. *Technological Forecasting and Social Change*, 79(3), 436-447. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.07.010>
- Wang, W., Liu, W., & Mingers, J. (2015). A systemic method for organisational stakeholder identification and analysis using Soft Systems Methodology (SSM). *European Journal of Operational Research*, 246(2), 562-574. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.05.014>.
- Wilson, D. C., Branicki, L., Sullivan-Taylor, B., & Wilson, A. D. (2010). Extreme events, organizations and the politics of strategic decision making. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, 23(5), 699-721. <https://doi.org/10.1108/09513571011054945>
- Xu, Z., & Liao, H. (2014). Intuitionistic Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 22(4), 749-761. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2013.2272585>
- Zanazzi, J., & Gomes, L. (2009). La búsqueda de acuerdos en equipos de trabajo: el método decisión con reducción de la variabilidad. *Pesquisa Operacional*, 29(1), 195-221. <https://www.scielo.br/j/pope/a/XBtNdgBphPXmWRwqH3bnQ3N/?format=pdf&lang=es>
- Zanazzi J. L., Cabrera, G. P., Castellini, A., & Salamon, A. G. (2014). Análisis de un problema de selección de grupos de trabajo mediante investigación operativa soft. En J. L. Zanazzi, C. L. Alberto y C. E. Carignano (Comp.), *Aplicación de multi-metodologías para la gestión y evaluación de sistemas sociales y tecnológicos* (tomo II, pp. 203-223). Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNC. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/1336?show=full>

ANÁLISIS Y DESARROLLO DE LA REPUTACIÓN CORPORATIVA EN LAS ORGANIZACIONES MODERNAS. UN ACERCAMIENTO AL ESTADO DEL ARTE

LEDY GÓMEZ-BAYONA*

<https://orcid.org/0000-0003-4122-0344>

Universidad de San Buenaventura, Facultad de Ciencias Empresariales,
Medellín, Colombia

JAIME ALBERTO OROZCO-TORO

<https://orcid.org/0000-0002-8152-7474>

Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Publicidad,
Medellín, Colombia

EDY ZULIMA RESTREPO LONDOÑO

<https://orcid.org/0000-0001-8398-3193>

Universidad de San Buenaventura, Facultad de Ciencias Empresariales,
Medellín, Colombia

OLGA VÉLEZ BERNAL

<https://orcid.org/0000-0002-2291-0908>

Institución Universitaria Marco Fidel Suárez, Facultad Ciencias Empresariales,
Bello, Colombia

Recibido: 3 de marzo del 2022 / Aprobado: 23 de marzo del 2022

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n42.5864>

RESUMEN: El objetivo principal de este estudio bibliográfico es explorar el concepto y la importancia de la reputación corporativa (RC) en los diferentes sectores económicos y conocer la manera cómo ha evolucionado este concepto en la educación. Las instituciones de educación superior (IES) se han visto forzadas a implementar estrategias de *marketing* que les permitan generar RC e impulsar el desarrollo de la formación superior. Es por ello que la RC se ha convertido en objeto de aplicación y práctica en el mundo educativo y empresarial, para la consecución del reconocimiento y el posicionamiento

* Correos electrónicos en orden de aparición: ledy.gomez@usbmed.edu.co; jaimе.orozco@upb.edu.co; zuly.restrepo.londono@gmail.com; viceacademica@iumafis.edu.co

que permitan la obtención de ventajas competitivas sólidas y duraderas. Por medio de la investigación bibliográfica se explora la RC en organizaciones y universidades. En la actualidad, las organizaciones se preocupan más por construir una RC que se mantenga en el tiempo, lo que permite dirigir las instituciones hacia la innovación y el desarrollo continuo en la educación superior. Lo anterior puede influir en las universidades para que empiecen a adoptar planes estratégicos conducidos a las necesidades de la sociedad, especialmente, en el contexto de la constante evolución global..

PALABRAS CLAVE: reputación corporativa / instituciones de educación superior / mercadeo / grupos de interés

ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF CORPORATE REPUTATION IN MODERN ORGANIZATIONS. AN APPROACH TO THE STATE OF THE ART

ABSTRACT: This bibliographical study explores the concept and importance of Corporate Reputation (CR) in different economic sectors and how this concept has evolved in education. Higher education institutions have been forced to implement marketing strategies that allow them to generate CR and promote the development of higher education. CR has become an object of application and practice in the academic and business worlds to achieve recognition and positioning that leads solid and lasting competitive advantages. CR in organizations and universities is explored through bibliographic research. Currently, organizations are more concerned with building a CR that can be maintained over time. This, in turn, directs institutions towards the practice of innovation and continuous development in higher education. These ideas may influence universities to begin to adopt strategic plans driven by the needs of society, especially in the context of constant global evolution.

KEYWORDS: corporate reputation / higher education / marketing / stakeholders

1. INTRODUCCIÓN

El análisis de aplicación de la reputación corporativa (en adelante, RC) ha sido durante muchos años un tema direccionado a la rentabilidad y a la creación de valor en las organizaciones. Ya que esta tiene la capacidad de aumentar o disminuir el prestigio de grandes e importantes organizaciones, lo cual ha generado una constante creación de estrategias competitivas para conseguir o mantener prestigio y fama (Fombrun et al., 2015).

A partir de los años noventa, la RC fue adquiriendo fuerza e identidad, convirtiéndose en uno de los focos de investigación más prometedores de la época y, hasta la actualidad, se considera uno de los elementos empresariales de mayor importancia para generar diferenciación, prestigio, valor y ventajas competitivas, sostenibles en el tiempo; todas estas características de gran importancia para una organización. El siglo xx trajo consigo el nacimiento de los medios de comunicación en masa, permitiendo el crecimiento y expansión de herramientas publicitarias y de *marketing* (Ferruz González, 2017; Orozco Toro, 2018; Schröter et al., 2021).

Lo anterior ha servido como instrumento para que el mercado evolucione e implemente mejoras, dando a conocer la capacidad que puede tener una organización para conseguir una imagen diferente y competitiva, lo que con el tiempo ha impulsado directa o indirectamente al crecimiento y posicionamiento de la RC (Sanz González & González Lobo, 2005). Teniendo en cuenta lo dicho, se plantea la necesidad de identificar la importancia que tiene la RC en las organizaciones y la manera como ha evolucionado la percepción de este concepto en la educación. Para lograrlo, se aborda este artículo con una exploración investigativa, donde se encuentran autores como Fombrun (1996), Sanz González y González Lobo (2005), Mayol (2012), Orozco Toro y Ferré Pavia (2012), Vila-López y Küster-Boluda (2013), Alloza et al. (2013), Fombrun et al. (2015), Ferruz González (2017), Echeverría-Ríos et al. (2018), Tarantino (2019), Yun et al. (2020), entre otros. Por tanto, se espera contribuir en el ámbito académico, dando a conocer los diferentes conceptos y aspectos que favorecen la consecución de una buena RC, por medio de características como la fidelidad, confianza, imagen, admiración, buena estima, entre otras; aspectos que no son recientes en el ámbito empresarial y que tienen la capacidad de influir positiva o negativamente en la actitud o conducta de los *stakeholders* (Londoño Zapata & Bojacá Ramírez, 2014).

Se pretende determinar qué tanto ha influido y evolucionado la RC en las organizaciones universitarias y qué factores las caracterizan en ese ámbito. Se ha encontrado que se desarrolla una trayectoria histórica desde los años setenta y ochenta, aunque el interés científico en ese entonces por la RC era casi nulo, ya que los estudiosos se interesaban más por la marca, publicidad y preferencia del producto. Es así como la RC cruzaba en ese entonces por diferentes dificultades y pocas posibilidades de atraer interés, dado que otros conceptos, como la imagen de marca, presentaban una mayor

cualidad explicativa ante la credibilidad corporativa, dándose así un lento desarrollo de la RC en el ámbito empresarial (Alloza et al., 2013).

Los apartados de este documento se desarrollan mediante una fundamentación teórica que profundiza en los principales ejes temáticos de la investigación, para finalmente evidenciar los resultados y conclusiones que esperan aportar al conocimiento de la RC.

2. METODOLOGÍA

La metodología implementada en este estudio está representada por una revisión de literatura que permitirá comprender la evolución de la reputación en el entorno empresarial y, al mismo tiempo, identificar de qué manera se ha evidenciado en las organizaciones y en el mercado; para ello se siguieron las indicaciones de Tranfield et al., (2003) y se verificaron las bases de datos de Scopus, Google Scholar, Ebsco y Dialnet de julio a diciembre de 2019 y, finalmente, se seleccionaron 38 documentos como soporte para la construcción del artículo. Las palabras clave para la búsqueda fueron: "reputación corporativa", "educación superior", "modelos".

Los criterios de inclusión fueron los artículos que trataran, principalmente, los temas de estudio, que fueran en español y que involucraran la reputación como eje estratégico en la gestión. Dentro de los criterios de exclusión estuvieron determinados en documentos que no mencionaran la reputación como estrategia de valor.

Para el análisis de los estudios clasificados se identificaron aquellos que tenían un concepto definido desde la reputación corporativa, la historia y la evolución del concepto que ha permitido consolidar el termino en la academia, posteriormente, se dividieron aquellos estudios que evidenciaban el impacto de la reputación en las diferentes disciplinas administrativas y, finalmente, se realizaron comparativos entre el avance de la reputación corporativa en el sector educativo para evidenciar la manera como las universidades han incorporado esta tendencia en los modelos de gestión.

3. RESULTADOS

A continuación, se relacionan los resultados de la exploración, en la línea de investigación que se llevó a cabo desde el año 2001 hasta el año 2019, se tienen en cuenta conceptos muy recientes sobre la RC, pero hay que saber que durante los años noventa y la primera década del siglo XXI, se han propagado y multiplicado los estudios sobre este intangible (Ferruz González, 2017).

Con el paso del tiempo, el concepto de RC fue adquiriendo cada vez más peso como elemento fundamental de la gestión empresarial, dado que las organizaciones compiten constantemente por el prestigio para lograr la fama (Fombrun, 1996). Con lo anterior, se creó una abundante expansión de empresas en el mercado, impulsadas por el libre comercio que integra no solo a empresas sino a países con sus diferentes culturas,

tornándose así la RC en una característica de competencia mundial, introduciéndose a la globalización en el campo financiero e informativo, creando una creciente complejidad en las relaciones de las empresas con los mercados y sus públicos estratégicos: clientes, inversores, empleados, accionistas y opinión pública (Alloza et al., 2013).

La globalización ha conllevado al desarrollo de la revolución informática y las telecomunicaciones, haciendo más fácil la interacción social y económica entre naciones, con lo cual se convierte la RC en un elemento frágil y difícil de mantener, especialmente, por el creciente desarrollo de la tecnología (Rust et al., 2021).

Con los cambios económicos, sociales y culturales que trajo la globalización, se dio paso a la inclusión de los medios de comunicación masivos en la sociedad, convirtiéndose en parte importante de la vida cotidiana de las personas, logrando influir de forma directa en la creación y divulgación de una imagen positiva o negativa, que se puede tener sobre una persona, marca, producto, servicio, país o empresa. Es así como se convierte la RC en un elemento intangible de manejo público y mediático, que puede ayudar a las empresas u organizaciones a posicionarse y lograr estar vigentes en el mercado (Vila-López & Küster-Boluda, 2013).

De este modo, se visualiza la importancia de la aplicación de estrategias que permiten generar diferenciación, ventajas competitivas e impulsar el desarrollo y la evolución de la educación superior, puesto que esta se ha visto actualmente en la obligación de adoptar estrategias de *marketing* agresivas debido a la aceleración de los cambios políticos, sociales y económicos, adaptándose con rapidez a las necesidades de su público objetivo (Casanoves-Boix & Küster-Boluda, 2017).

3.1 Concepto de reputación corporativa

La reputación corporativa (RC) es una fuente de ventaja competitiva que se puede sostener en el tiempo mediante estrategias de comunicación y un eficiente relacionamiento con clientes y proveedores, ya que son estos los actores de mayor implicación para que una organización obtenga beneficios en diferenciación y costos (Martín de Castro & Navas López, 2006).

La información divulgada en los medios masivos sobre la imagen de un producto o servicio puede generar notoriedad, reconocimiento, recordación y diferenciación en el mercado, ya que este se encuentra inundado de marcas que ofrecen un sin límite de satisfactores a los consumidores (Ferruz González, 2018; Nisar et al., 2020).

La constante competencia entre organizaciones nacionales e internacionales ha logrado que con el paso del tiempo se adopte el concepto de RC en diferentes campos como el turismo, la política, las instituciones educativas, la medicina, el cine, la gastronomía, el campo tecnológico, entre otros. Puesto que se caracteriza por ser un recurso intangible y esencial, capaz de generar ventajas competitivas en las organizaciones,

permitiéndoles neutralizar amenazas en un entorno de mercado competitivo (Ferruz González, 2017).

En la actualidad, los productos ecológicos y orgánicos se encuentran en auge y han sido aceptados en gran parte por ser amigables con el medio ambiente y no causar desechos ni contaminación. Desde este punto de vista, adoptar estrategias que integren métodos ecológicos en las organizaciones se ha vuelto de gran importancia para la creación de valor a largo plazo, lo cual implica la aplicación de métodos innovadores, que logren una cohesión empresa *versus* grupos de interés y de esta forma lograr “una diferenciación sostenible” (Alloza et al., 2013).

3.2 Reputación corporativa y grupos de interés

En la última década, la RC ha logrado un gran protagonismo en el campo académico, en donde los grupos de interés miden diferentes aspectos en las academias como el nivel de publicaciones, la calidad de la enseñanza, la relación facultad-estudiantes, los artículos publicados en las principales revistas, la colaboración internacional, etc. (Ferré Pavia & Orozco Toro, 2012). Teniendo en cuenta que la misma integra tres vectores importantes como lo son la admiración, la buena estima y la confianza, cualidades que pueden ser estratégicas para establecer una base sólida que permita fortalecer la fidelización de los clientes internos y externos, puesto que son el detonante de las actitudes y comportamientos favorables hacia una empresa, una institución o un país (Alloza et al., 2013). Demostrándose así que la conexión sentimental entre organización y cliente es esencial para alcanzar un alto prestigio en el mercado de consumo.

El mundo de hoy se caracteriza por una alta pérdida de confianza por parte de los consumidores o grupos de interés, provocado por prácticas poco éticas como la falta de calidad en productos y servicios, afectando a empresas, organizaciones e instituciones (Casado Molina & Cuadrado Méndez, 2014). La confianza es un eje fundamental para el manejo y administración de una empresa o país, ya que esta puede ayudar a crear, afianzar o fortalecer relaciones con accionistas, bancos, clientes y proveedores, que pueden ser de gran ayuda en el momento de una crisis económica.

Tanto el ámbito académico como el empresarial se encuentran en un cambio continuo, dado que las preferencias e inclinaciones de los consumidores son poco estables y dificultan la aplicación de estrategias que den a conocer la percepción positiva o negativa que tienen los consumidores sobre la marca, la imagen, el producto o el servicio que se les ofrece. Aun así, se puede generar confianza mediante la ética y el compromiso que se tenga ante los *stakeholders*, evitando discordias frente a las experiencias ofrecidas por las organizaciones en el mercado, de forma que no se pierda el enfoque de la “relación entre lo que se dice y lo que se hace” (Vaquero Collado, 2012).

3.3 La reputación como concepto multidisciplinar

La reputación corporativa comprende las acciones de una empresa dirigidas a establecer relaciones sólidas con los *stakeholders* a largo plazo, para crear un sentimiento de pertenencia de los grupos de interés hacia las organizaciones, lo que se reflejará en fidelización y se consolidará en una ventaja competitiva sostenible en el entorno al que se enfrenten las empresas (Dowling & Roberts, 2002).

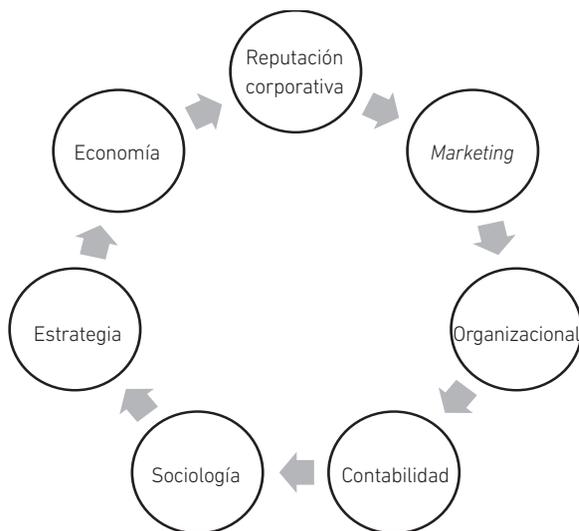
La cultura de servicio ha evolucionado al ritmo que el mercado, así como las preferencias del cliente cambian. Dinámica que transformó el concepto de ventas, pasando de simples actividades comerciales a ventas relacionales, donde la construcción de una relación y un vínculo con el cliente es la prioridad, convirtiéndose en un elemento diferenciador para alcanzar una mayor competitividad en el mercado (Duque Rengel et al., 2017).

De igual forma, con el paso del tiempo, se han ido desarrollando muchas líneas o tendencias de estudio e investigación que han convertido a la RC en un concepto multidisciplinar, adoptando así características flexibles, que permitan dar respuesta a la creciente demanda en los diferentes campos empresariales, permitiendo la consecución y obtención de metas u objetivos, según la tendencia de aplicación (Ferruz González, 2017).

A continuación, en la figura 1 se encuentran las características de la RC como concepto multidisciplinar aplicado y estudiado por diferentes corrientes literarias.

Figura 1

Principales disciplinas que estudian o adoptan la reputación corporativa



Nota. Adaptado de "Conceptualización de la reputación corporativa. Nuevo enfoque y propuesta", por S. Ferruz González, 2017, *Revista de la Asociación Española de Investigación de la Comunicación*, 4(7), p. 130-137 (<https://doi.org/10.24137/raeic.4.7.13>); y de *Reputación corporativa*, por Á. Alloza, E. Carreras y A. Carreras, 2013, LID Editorial.

El enfoque económico califica la RC como la combinación de lo que es, lo que hace y lo que representa una organización para los *stakeholders*. Así mismo, la contabilidad toma como referencia los activos intangibles originados por las percepciones colectivas de los grupos de interés, que tienen la capacidad de crear valor agregado y generar RC. De la misma forma, el campo organizacional estudia la cultura e identidad corporativa por medio de las experiencias y conductas de los empleados, para formar una base de identidad sólida que permita conseguir la alineación de los *stakeholders* con los objetivos de las organizaciones. Igualmente, la visión sociológica explora el rendimiento de las compañías por medio de los grupos sociales en relación a las normas institucionales que pueden generar apoyo o rechazo social. De igual modo, la estrategia entiende a la RC como causa de diferenciación que perdura en el tiempo, generando ventajas competitivas y posicionamiento de la marca, producto o servicio, en un mercado competitivo. Del mismo modo, el *marketing* se centra en diferenciar las características de un producto o servicio, imagen, marca, empaque, calidad, entre otros, capaces de despertar sensaciones positivas en los clientes, incrementando el prestigio y reconocimiento de la organización (Alloza et al., 2013; Ferruz González, 2017).

3.4 Aspectos tenidos en cuenta en la reputación corporativa

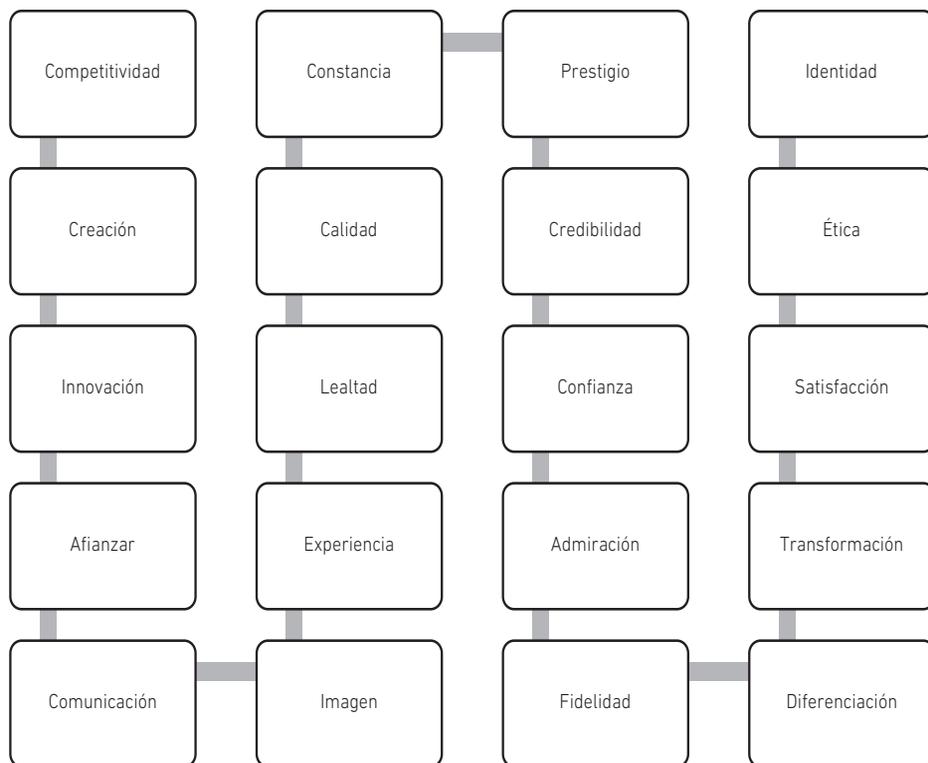
Algunos aspectos como lealtad, creación, ética, innovación, fidelidad, competitividad, diferenciación, entre otros, son tenidos en cuenta para calificar o asignar un nivel de RC en las organizaciones, ya que estos son de real importancia para desarrollar una percepción positiva o negativa en diferentes públicos objetivos. Además se caracterizan por ser beneficios competitivos que atraen nuevos clientes, ayudan a fomentar una mayor lealtad de los consumidores y a fortalecer la relación con los clientes internos y externos (Šmaižienė & Jucevicius, 2009).

Las características mencionadas anteriormente se pueden tomar como activos intangibles capaces de crear ventajas competitivas en las organizaciones y direccionarlas hacia el éxito. Sin dejar de lado que son este tipo de atributos los que definen la identidad corporativa desde la perspectiva de los *stakeholders*, dando así una orientación clara de la personalidad corporativa a los clientes y al resto de grupos de interés (Pérez Kim et al., 2021; Ruiz & Rodríguez del Bosque, 2014).

A continuación, en la figura 2 se hará mención de algunos aspectos que son tenidos en cuenta al hablar de RC y que fueron utilizados por los autores estudiados para el desarrollo de este documento.

Figura 2

Aspectos que se tienen en cuenta en la reputación corporativa



Nota. Elaboración a partir de palabras claves encontradas en la investigación.

Al analizar algunos de los componentes que se tienen en cuenta en la RC, se sintetizaron en la figura 2 con el objetivo de brindarle una mayor claridad al lector y que a partir de estas variables se empiecen a estructurar estrategias de planeación que permitan una mejor construcción de la reputación en las organizaciones.

3.5 Reputación corporativa en educación

Las instituciones de educación superior (en adelante, IES) empiezan a explorar la RC como opción de progreso en el campo educativo. La percepción pública es una de las principales preocupaciones de las organizaciones e instituciones educativas en la actualidad, ya que esta cuenta con la capacidad de definir la imagen de una corporación, por medio de impresiones, opiniones, creencias y emociones, que generen las instituciones sobre los *stakeholders* (Lafuente Ruiz de Sabando et al., 2019; Orozco Toro & Ferré Pavia, 2012).

La reputación positiva en las IES se crea a través de imágenes, comentarios u opiniones positivas, lo cual resulta ser efectivo al lograr ser preferidas por estudiantes y académicos, que quieren hacer parte del equipo, profesorado o estudiantil (Golgeli, 2014; Gómez-Bayona & Arrubla-Zapata, 2020).

Como parte de las IES se encuentran las instituciones técnicas, las instituciones tecnológicas y las universidades, las cuales han comenzado a tener conciencia de que su público objetivo va más allá de ser solo los estudiantes actuales o potenciales, visualizando una amplia gama de oportunidades en su público interno que está conformado por los catedráticos, los empleados administrativos, las directivas y los proveedores. El público externo lo conforman los egresados, los padres de familia, el Estado, las empresas y el público en general (Múnera & Muñoz Sánchez, 2018). Asumiendo estrategias de comunicación y conexión con sus *stakeholders*, por medio del *marketing* emocional, digital y social, hacen parte de una gran gama de herramientas que están siendo utilizadas por las instituciones para llegar de forma efectiva a sus diferentes públicos, y de esta forma poder explorar y promover un modelo donde las IES puedan trabajar en conjunto con empresas e instituciones, para compartir conocimiento, experiencias e iniciativas que puedan contribuir con la innovación y sostenibilidad a nivel económico y social, mejorando la calidad de vida y aumentando las oportunidades de empleabilidad de los estudiantes y/o egresados. Es por ello que las IES deben estar más atentas a los cambios sociales y económicos, para poder brindar servicios de calidad que sean altamente competitivos (Carrillo Durán et al., 2008).

En la actualidad, las universidades suelen interesarse en ser parte de una serie de *rankings* internacionales que prometen un mayor prestigio y reconocimiento institucional ante los *stakeholders*, ubicando a cada institución en un nivel diferente, según el grado de clasificación alcanzado, para lo cual los *rankings* tienen en cuenta aspectos como nivel en el profesorado, biblioteca, presupuesto, calidad, instalaciones, prestigio entre egresados, académicos y empresarios, entre otros.

Actualmente, el nuevo rol de las universidades es lograr sobresalir por encima de su competencia sin perder su esencia y compromiso con el desarrollo social, sin dejar de lado lo importante que es para una organización ser nombrada entre las mejores del mundo. Ya que son los públicos de interés quienes aprueban y dan valor a este tipo de logros, garantizando así el reconocimiento y la continuidad en el tiempo de las instituciones (Casado Molina & Cuadrado Méndez, 2014; Rodríguez Espinar, 2018).

Es necesario destacar que las universidades que no aparecen nombradas en los *rankings* mundiales no son necesariamente una representación carente de calidad y mucho menos son peores que las que sí son nombradas, ya que las dimensiones y los indicadores que se utilizan tienen, obviamente, sesgos fuertes a favor de algunos campos del conocimiento y ciertas regiones geográficas y lingüísticas.

Se encontraron diferentes percepciones de los autores frente al tema de reputación corporativa, ejemplo de ello son Arbelo Alvarez y Pérez Gómez (2001), quienes mencionan que la RC es la suma de la identidad, la imagen, las percepciones, las creencias y las experiencias que los influenciadores han relacionado en el tiempo con la empresa; mientras que Ferruz González (2018) ve a la RC como un factor intangible configurado y gestionado para crear credibilidad, por medio de la acción y comunicación de la organización hacia los grupos de interés. Los conceptos encontrados y representados en la tabla 1 se aplican en el mundo empresarial y académico, ya que ambas corrientes buscan adoptar aspectos de la RC para crear ventajas competitivas.

Tabla 1

Conceptos de reputación corporativa

Estudio	Concepto
Arbelo Alvarez & Pérez Gómez, 2001	La reputación es la suma de la identidad, imagen, percepciones, creencias y experiencias que los influenciadores han relacionado en el tiempo con la empresa.
Roberts & Dowling, 2002	Una buena reputación puede mejorar la capacidad de la empresa para poder mantener en el tiempo un rendimiento financiero constante y superior al de la competencia.
Ahearne et al., 2005	La reputación empresarial es la imagen o percepción construida de una empresa, desde el exterior o interior de la misma.
Martín de Castro & Navas López, 2006	La reputación en el mundo profesional y académico es de gran importancia para la consecución de ventajas competitivas duraderas y la creación de valor.
Carrillo Durán et al., 2008	La RC es la relación que tiene la organización con sus grupos de interés. Consiste en delimitar e integrar los activos intangibles que posee una organización y darlo a conocer a su público, con el fin de crear valor.
Martínez Leó & Olmedo Cifuentes, 2009	La reputación empresarial es un recurso, un activo intangible y una capacidad dinámica para generar ventajas competitivas, que crean resultados superiores en las organizaciones.
Mayol, 2012	La reputación es la respuesta positiva o la muestra de respeto de la comunidad a la constancia en el ser, decir y hacer de la organización.
Vaquero Collado, 2012	La reputación es la sumatoria de información negativa o positiva que se tienen sobre una empresa u organización. Teniendo como objetivo principal alcanzar una notable relación entre lo que se dice y lo que se hace.
Orozco Toro & Ferré Pavia, 2012	La reputación depende de la confianza y credibilidad que los grupos de interés experimenten hacia un producto o servicio que satisfaga sus necesidades y expectativas.

(continúa)

(continuación)

Casado Molina & Cuadrado Méndez, 2014	La reputación es un modelo de gestión y de cultura que genera relaciones sostenibles de confianza, credibilidad, compromiso y ética con el público.
Alloza et al., 2013	La reputación es un sentimiento positivo hacia un país, persona, organización o institución, en donde se integran aspectos como admiración, buena estima y confianza.
Jambrino Maldonado & de las Heras Pedrosa, 2013	La reputación corporativa es la forma como los públicos perciben, el conjunto de actividades desarrolladas en un destino turístico.
Vila-López & Küster-Boluda, 2013	La RC influye en la proliferación de la información para cautivar la atención de la audiencia. Logrando combinar calidad, identidad, marca y público.
Miralles-Marcelo et al., 2014	La RC es la percepción que se tiene sobre el ingenio de una compañía, para satisfacer las expectativas de distintos públicos, en términos de comportamiento y claridad informativa.
Fombrun et al., 2015	La reputación es el arte y la ciencia de construir, afianzar, transformar y consolidar relaciones con los grupos de interés.
Ferruz González, 2017	La RC es un factor intangible configurado y gestionado para crear credibilidad, por medio de la acción y comunicación de la organización hacia los grupos de interés.

Nota. Elaboración a partir de la bibliografía explorada.

Mediante la revisión literaria de la tabla 2, se encontró que actualmente las instituciones educativas están interesadas en valores intangibles que se caracterizan por crear buena reputación mediante la innovación, calidad, diferenciación, identidad, ética, honestidad, entre otros, que son claves para la obtención de ventajas competitivas que perduran en el tiempo (Carrillo Durán et al., 2008). En el nuevo orden mundial, las instituciones educativas tienen mucho en que contribuir y liderar, debido a que la globalización de los mercados está empujando a las empresas e instituciones a buscar nuevas vías para garantizar su sostenibilidad en el tiempo y lograr diferenciarse competentemente en el mercado nacional e internacional (Casado Molina & Cuadrado Méndez, 2014).

Tabla 2

Conceptos de reputación corporativa en la educación

Estudio	Enfoque
Carrillo Durán et al., 2008	Cómo las universidades reflejan su identidad institucional, para alcanzar una alta reputación y reconocimiento a nivel nacional e internacional.
Golgeli, 2014	Medir la percepción que tienen los estudiantes de la universidad sobre la universidad.
Casado Molina & Cuadrado Méndez, 2014	Generar nuevas visiones en los docentes, dirigidas a la consecución de competencias profesionales innovadoras; por medio del desarrollo de nuevas vías de investigación en el campo de la educación superior.
Casanoves-Boix & Küster-Boluda, 2017	La evolución de la educación superior ha dado mayor importancia a la aplicación de estrategias de <i>marketing</i> direccionadas a la creación de diferenciación y ventajas competitivas a través del capital de marca educativo.
Duque Rengel et al., 2017	Establecer estrategias direccionadas a la fidelización de públicos de estudio a distancia, mediante reformas del servicio y de los canales de comunicación que permitan fortalecer el sentido de pertenencia de los estudiantes universitarios.
Múnera & Muñoz Sánchez, 2018	Demostrar la importancia de los grupos de interés para la percepción de marca y cómo pueden percibir la imagen los grupos de interés de una institución de educación superior.

Nota. Elaboración a partir de la bibliografía explorada.

4. CONCLUSIONES

Se puede concluir que la RC siempre ha sido el foco principal para mantener vigente una marca u organización en la mente de los consumidores, ya que es el eje fundamental en la continuidad de una marca o empresa, lo cual se da por la adaptación, adopción o aceptación de la RC, como componente de una variedad de activos intangibles, generadores de múltiples ventajas competitivas, que pueden ser adaptadas a productos, servicios y diferentes estrategias de instituciones empresariales, grandes o pequeñas. Estas condiciones pueden llevar a las organizaciones a desarrollar una correcta administración de su imagen y marca, bajo contextos como fidelidad, ética, satisfacción, diferenciación, prestigio, innovación, competitividad, creación, calidad, comunicación, admiración, entre otros, que conforman un sinfín de cualidades que pueden ayudar a mejorar y afianzar la relación empresa-consumidor, si se mantiene una efectiva cohesión y un constante equilibrio entre las diferentes cualidades o características que hacen parte de la construcción de la RC, al mismo tiempo que se puede generar más valor e incrementar la reputación de las empresas, instituciones y organizaciones que se encuentran en una constante lucha por sobrevivir y ser notadas en el mercado de consumo masivo.

En la actualidad, las organizaciones se preocupan más por construir una reputación sólida, capaz de mantenerse en el tiempo, con el fin de proporcionar cualidades diferenciadoras que sobresalgan en el mercado, el cual se encuentra atiborrado por una variedad de competidores audaces y estrategias. Es así como la RC ha logrado ser reconocida y apreciada en diferentes campos empresariales como un recurso valioso e intangible, que se adapta a las instituciones, generando diversas ventajas competitivas que pueden ser componentes esenciales de la imagen, la cultura e identidad de instituciones y organizaciones empresariales. Tales cualidades se encuentran en constante evaluación por los grupos de interés, quienes tienen la capacidad de aumentar o disminuir el prestigio, reconocimiento y reputación de grandes o pequeñas empresas, comunicando y dando a conocer las experiencias vividas al momento de consumir un producto o servicio, por medio de redes sociales como Facebook, Twitter, Instagram, WhatsApp, entre otras, que se encuentran bajo el manejo de clientes internos y externos de las compañías, por medio de las cuales se hace más fácil y rápido la divulgación de información. Por lo cual la percepción positiva o negativa que logren generar las instituciones en los *stakeholders*, también conocidos como grupos de interés, puede convertirse en viral en cuestión de minutos.

El desarrollo de la investigación se basa en dirigir a las instituciones a la práctica de los componentes de la RC en la innovación pedagógica, con el fin de contribuir en el continuo desarrollo del campo de la educación superior. Esto puede conllevar a que las universidades empiecen a adaptar planes estratégicos conducidos, específicamente, a las necesidades que la sociedad demanda, en contexto de la constante mutación o evolución global, lo cual se encuentra directamente proporcional con los gustos, preferencias y necesidades de los grupos de interés. Por lo cual no se puede dejar de lado la adopción de estrategias comunicativas que pueden ser el eje principal de la RC en las universidades, ya que gracias a ello se puede dar a conocer rápidamente nuevas instituciones o incrementar el reconocimiento de antiguas organizaciones, lo que da claridad a la importancia de proyectar o generar percepciones positivas, sobre la identidad e imagen de las universidades. Es allí donde los estudiantes, que son parte de los *stakeholders* internos, toman partido, ya que ellos darán a conocer lo que perciben desde adentro de la institución como experiencias positivas o negativas, logros y reconocimientos obtenidos, entre otros, que pueden ayudar a crear una reputación sólida y duradera, si se aplican estrategias firmes que desarrollen competencias globales en estudiantes y egresados.

REFERENCIAS

- Ahearne, M., Bhattacharya, C. B., & Gruen, T. (2005). Antecedents and consequences of customer-company identification: Expanding the role of relationship marketing. *Journal of Applied Psychology, 90*(3), 574-585. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.90.3.574>
- Alloza, Á., Carreras, E., & Carreras, A. (2013). *Reputación corporativa*. LID Editorial.
- Arbelo Alvarez, A., & Pérez Gómez, P. (2001). *La reputación empresarial como recurso estratégico: un enfoque de recursos y capacidades* [Ponencia]. XI Congreso Nacional de ACEDE, Zaragoza.
- Carrillo Durán, M. V., Castillo Díaz, A., & Jiménez, J. L. T. (2008). El "valor" de lo intangible. La gestión de la reputación corporativa. *Observatorio (OBS*)*, 2(4), 239-254.
- Casado Molina, A. M., & Cuadrado Méndez, F. J. (2014). La reputación corporativa: Un nuevo enfoque de las competencias transversales en el EEES. *REDU: Revista de Docencia Universitaria, 12*(1), 353-371. <https://doi.org/10.4995/redu.2014.6432>
- Casanoves-Boix, J., & Küster-Boluda, I. (2017). Evolución del *marketing* en la educación superior: el capital de marca educativo. *Esic Market Economics and Business Journal, 48*(1), 95-120. <https://doi.org/10.7200/esicm.156.0481.2e>
- Duque Rengel, V. K., Abendaño Ramírez, M. E., & Velásquez Benavides, A. V. (2017). Análisis de los factores de comunicación que inciden en la fidelización de los públicos universitarios. *Revista Latina de Comunicación Social, (72)*, 751-764. <https://doi.org/10.4185/RLCS-2017-1190>
- Echeverría-Ríos, O. M., Abrego-Almazán, D., & Medina-Quintero, J. M. (2018). La responsabilidad social empresarial en la imagen de marca afectiva y reputación. *Innovar, 28*(69), 133-147. <https://doi.org/10.15446/innovar.v28n69.71703>
- Ferruz González, S. (2017). Conceptualización de la reputación corporativa. Nuevo enfoque y propuesta. *Revista de la Asociación Española de Investigación de la Comunicación, 4*(7), 130-137. <https://doi.org/10.24137/raeic.4.7.13>
- Ferruz González, S. A. (2018). *Reputación corporativa. Estudio del concepto y las metodologías para su medición: propuesta de un concepto y metodología de consenso* [Tesis de doctorado, Universidad Complutense de Madrid].
- Fombrun, C. J. (1996). *Reputation: Realising value from the corporate image*. Harvard Business School Press.
- Fombrun, C. J., Ponzi, L. J., & Newburry, W. (2015). Stakeholder tracking and analysis: The RepTrak® system for measuring corporate reputation. *Corporate Reputation Review, 18*(1), 3-24. <http://dx.doi.org/10.1057/crr.2014.21>

- Golgeli, K. (2014). Corporate reputation management: The sample of Erciyes University. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 122, 312-318. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.1346>
- Gómez-Bayona, L., & Arrubla-Zapata, J. (2020). Evolución del mercadeo en el sector universitario. *Revista Venezolana de Gerencia*, 25(89), 159-173. <https://doi.org/10.37960/revista.v25i89.31388>
- Jambrino Maldonado, C., & de las Heras Pedrosa, C. (2013). Creación de un modelo de "Observatorio de reputación corporativa" para un destino turístico. *Tourism & Management Studies*, 1, 66-76.
- Kim, E., Duffy, M., & Thorson, E. (2021). Under the influence: Social media influencers' impact on response to corporate reputation advertising. *Journal of Advertising*, 50(2), 119-138. <https://doi.org/10.1080/00913367.2020.1868026>
- Lafuente Ruiz de Sabando, A., Forcada, J., & Zorrilla, P. (2019). La imagen de la universidad: un modelo de imagen global y las perspectivas de los grupos de interés. *Cuadernos de Gestión*, 19(1), 63-86.
- Londoño Zapata, V., & Bojacá Ramírez, P. S. (2014). *Reputación corporativa (RC) y su gestión estratégica desde la comunicación* [Trabajo de especialización, Universidad de Manizales].
- Martín de Castro, G., & Navas López, J. E. (2006). La importancia de la reputación empresarial en la obtención de ventajas competitivas sostenibles. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa (IEDEE)*, 12(3), 29-39. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=274120074002>
- Martínez Leó, I., & Olmedo Cifuentes, I. (2009). La medición de la reputación empresarial: problemática y propuesta. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 15(2), 127-142. [https://doi.org/10.1016/S1135-2523\(12\)60093-8](https://doi.org/10.1016/S1135-2523(12)60093-8)
- Mayol, D. (2012). Reputación corporativa y ventaja competitiva. Ensayo a propósito de las cuatro propiedades de Jay Barney. *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, 17(2), 67-78. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36422801005>
- Miralles-Marcelo, J. L., Miralles-Quirós, M. M., & Daza-Izquierdo, J. (2014). Reputación corporativa y creación de valor para el accionista. *Universia Business Review*, (44), 16-33.
- Múnera, M. J. R., & Sánchez, P. O. M. (2018). Percepciones de los *stakeholders* en una institución de educación superior (IES). *Colección Académica de Ciencias Sociales*, 5(2), 17.

- Nisar, T. M., Prabhakar, G., Ilavarasan, P. V., & Baabdullah, A. M. (2020). Up the ante: Electronic word of mouth and its effects on firm reputation and performance. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 53. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2018.12.010>
- Orozco Toro, J. (2018). *Reputación corporativa. Gestión y comunicación de los valores intangibles de marca*. Universidad Pontificia Bolivariana. <http://doi.org/10.18566/978-628-500-019-5>
- Orozco Toro, J. & Ferré Pavia, C. (2012). La fuerza de los *stakeholders* en el caso de La Noria. Ciudadanía crítica y uso de redes sociales en un análisis de la reputación corporativa. *Revista ICONO 14. Revista Científica de Comunicación y Tecnologías Emergentes*, 10(3), 403-424. <https://doi.org/10.7195/ri14.v10i3.159>
- Pérez Ruiz, A., & Rodríguez del Bosque, I. (2014). Identidad, imagen y reputación de la empresa: integración de propuestas teóricas para una gestión exitosa. *Cuadernos de gestión*, 14(1), 97-126. <https://doi.org/10.5295/cdg.130389ap>
- Roberts, P. W., & Dowling, G. R. (2002). Corporate reputation and sustained superior financial performance. *Strategic Management Journal*, 23(12), 1077-1093. <https://doi.org/10.1002/smj.274>
- Rodríguez Espinar, S. (2018). La universidad: una visión desde “fuera” orientada al futuro. *Revista de Investigación Educativa*, 36(1), 15-38. <http://dx.doi.org/10.6018/rie.36.1.309041>
- Rust, R. T., Rand, W., Huang, M.-H., Stephen, A. T., Brooks, G., & Chabuk, T. (2021). Real-time brand reputation tracking using social media. *Journal of Marketing*, 85(4), 21-43. <https://doi.org/10.1177/0022242921995173>
- Sanz González, M. Á., & González Lobo, M. Á. (2005). *Identidad corporativa: Claves de la comunicación empresarial*. ESIC Editorial.
- Schröter, J., Dutzi, A., & Withanage, E. (2022). Can firm performance and corporate reputation be improved by communicating CSR in social media?: A pilot study analysis. En I. Management Association (Ed.), *Research anthology on social media advertising and building consumer relationships* (pp. 845-866). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-6287-4.ch047>
- Šmaižienė, I., & Jucevicius, R. (2009). Corporate reputation: Multidisciplinary richness and search for a relevant definition. *Engineering Economics*, 62(2).
- Tarantino, J. (2019). *Effects of cell phones on student lecture note taking and test taking performance* [Tesis de doctorado, Columbia University]. <https://doi.org/10.7916/d8-n42r-p468>

- The World University Rankings (2018). World University Rankings 2018. https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2018/world-ranking#!/page/32/length/25/sort_by/rank/sort_order/asc/cols/stats
- The World University Rankings (2019). World University Rankings 2019. https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2019/world-ranking#!/page/0/length/25/sort_by/rank/sort_order/asc/cols/stats
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-in-formed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, 14(3), 207-222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>
- Vaquero Collado, A. (2012). La reputación *online* en el marco de la comunicación corporativa. Una visión sobre la investigación de tendencias y perspectivas profesionales. *adComunica: Revista Científica de Estrategias, Tendencias e Innovación en Comunicación*, (3), 49-63. <https://doi.org/10.6035/2174-0992.2012.3.4>
- Vila-López, N., & Küster-Boluda, I. (2013). Antecedentes de reputación corporativa en cadenas televisivas. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 19(2), 334-348. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/racs/article/view/25626>
- Yun, L., Kim, K., & Cheong, Y. (2020). Sports sponsorship and the risks of ambush marketing: the moderating role of corporate reputation in the effects of disclosure of ambush marketers on attitudes and beliefs towards corporations. *International Journal of Advertising*, 39(7), 921-942. <https://doi.org/10.1080/02650487.2019.1710971>

PROYECTO DE INVERSIÓN DE MANTENIMIENTO, RENOVACIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL MATERIAL RODANTE DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO (STC) METRO

MIRIAM SOSA CASTRO*

<https://orcid.org/0000-0002-6597-5293>

Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa,
Ciudad de México, México

Recibido: 27 de agosto del 2021 / Aprobado: 21 de marzo del 2022

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n42.5389>

RESUMEN: El presente artículo formula un proyecto de inversión en mantenimiento, renovación y modernización del material rodante del Sistema de Transporte Colectivo (STC) Metro. El desarrollo de la investigación responde al problema creciente de precariedad, mala calidad e insuficiencia del transporte público en la Zona Metropolitana del Valle de México. Los resultados demuestran que la realización del proyecto tendría beneficios sociales: reducción de costos generalizados de viaje, disminución de tiempos de traslado para los pasajeros del transporte público, menores costos de mantenimiento, disminución de emisiones contaminantes y reducción de riesgo catastrófico. Mientras que, en términos económico-financieros, el valor del VPN sería positivo, la relación beneficio/costo estaría por encima de 6. La realización de este tipo de proyectos cobra especial relevancia en el contexto actual en el que recientemente se han presentado eventos catastróficos en la Línea 12 del STC.

PALABRAS CLAVE: proyecto de inversión / mantenimiento / renovación / modernización de material rodante / Sistema de Transporte Colectivo

* Correo electrónico: msosac87@hotmail.com

INVESTMENT PROJECT FOR THE MAINTENANCE, RENOVATION AND MODERNIZATION OF THE ROLLING STOCK OF THE METRO COLLECTIVE TRANSPORT SYSTEM (STC)

ABSTRACT: This article presents an investment project to maintain, renovate and modernize the Metro STC rolling stock. This research is focused on alleviating public transportation precariousness, poor quality, and inadequacy in the Mexico City Metropolitan Area. The results suggest that the project is feasible in terms of economic and social impact. Socially, the following variables will be reduced: generalized travel and maintenance costs, CO2 emissions, and catastrophic risk. In financial terms, the net present value is positive, and the benefit/cost ratio is greater than 6. This project is of utmost importance in the present context and considering the recent tragic incident on line 12 of the Mexico City subway.

KEYWORDS: investment Project / maintain / renewal and modernization of the rolling stock / Public Transportation

1. INTRODUCCIÓN

El transporte público urbano se ha convertido en uno de los problemas más complejos e importantes que enfrentan los gobiernos. Dicho problema surge a partir de una deficiente planeación urbana, crecimiento demográfico mayor al estimado, aumento del parque vehicular y cambios en el uso de suelo, distinto al originalmente pensado, lo que origina que se polaricen y diversifiquen las actividades laborales, educativas, recreativas, etc., en una zona cada vez más grande en donde los individuos tengan que trasladarse hacia ciertos "puntos de atracción", generando problemas debido a que dichas zonas no fueron planeadas para satisfacer ese alto nivel de demanda.

Hernández (2017) señala que el transporte público es de suma importancia en términos sociales, ya que permite a las personas acceder a bienes, servicios y oportunidades que le ofrece la ciudad, impactando así en la calidad de vida de las personas. El transporte público es tan importante como otras políticas sociales, por ejemplo, la salud y la educación.

La Zona Metropolitana del Valle de México (en adelante, ZMVM) es la quinta área urbana más grande del mundo (Barría, 2018), para el año 2017 contaba con alrededor de 21 millones de habitantes (Organización de las Naciones Unidas-Hábitat [ONU-Hábitat], 2018) y con un 17 % de los habitantes y el 18 % de los empleados de México, quienes producen el 23 % del PIB nacional (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico [OECD], 2015). Así, el metro transporta el 28,7 % de las personas que se trasladan empleando el transporte público (Instituto Nacional de Geografía y Estadística [INEGI], 2017) y cerca del 16 % de las personas que se trasladan en general (transporte público y privado), 5.5 millones de personas (Sistema de Transporte Colectivo [STC Metro] y Gobierno de la Ciudad de México [Gobierno CDMX], 2018b).

Con base en el STC Metro y el Gobierno CDMX (2018b), el STC Metro es el más barato a nivel mundial, el segundo con mayor extensión en América, el cuarto con más usuarios por kilómetro cuadrado de red, el séptimo con más pasajeros transportados al año, el noveno con más estaciones y el mayor de América Latina en tres aspectos: extensión, pasajeros y trenes. El metro transporta al año a 1616 millones de pasajeros (4.9 millones al día), recorre 44.2 millones de kilómetros. De tal forma que, para destacar de esa manera y otorgar esa cantidad de servicio, la infraestructura e inversión es enorme; se estima que el valor de construcción es de 410 000 millones de pesos mexicanos (cifras al año 2017) (STC Metro y Gobierno CDMX, 2018b).

Con base en lo anteriormente, se resalta la importancia que tiene el STC Metro como: a) servicio clave para acceder a las distintas oportunidades, bienes y servicios que otorga la Ciudad de México, b) herramienta fundamental de política económica que garantiza el acceso a un derecho básico, c) la suma de activos que representan una enorme inversión

para el país, d) generador de empleos, e) espacio de desarrollo tecnológico y confluencia institucional y f) como una alternativa de movilidad con múltiples ventajas: no contamina ni entorpece la circulación vial, cuenta con un alto índice de ahorro de energía y transporta a tres veces más pasajeros con dos veces menos de energía que cualquier otro medio de combustión (STC Metro y Gobierno CDMX, 2018a).

Con todo lo que representa el STC Metro para la ciudad y el país, parecería evidente que debe ser una prioridad para las autoridades; sin embargo, no es así. El mantenimiento que se realiza, en términos específicos, el material rodante, el 75 % es de tipo correctivo, lo que ha tenido como consecuencia un envejecimiento en las instalaciones y equipo, provocando que la capacidad de transportación sea insuficiente por la falta de trenes, debido a que solamente el 73 % de los trenes funciona y el resto se encuentran incompletos, ya que de ellos se extraen las refacciones para los otros trenes (STC Metro y Gobierno CDMX, 2018b).

Por otro lado, la vida útil de un tren es de 30 años, con opción de prolongarla 25 años más, siempre y cuando se cambie, se repare o se refuercen los principales equipos mecánicos, eléctricos, neumáticos y electrónicos del tren. Los trenes con los que cuenta el STC Metro, dependiendo la línea, cuentan con hasta 48 años de antigüedad (líneas 1, 5, 7 y B) y no reciben el mantenimiento preventivo ni las reparaciones necesarias (STC Metro y Gobierno CDMX, 2017 y 2018a).

Lo anterior ha dado como resultado menor capacidad en el servicio e incremento sustancial en las fallas, generando constantes retrasos en la línea y en el sistema completo, aumento del tiempo de espera para abordar y saturación de los usuarios por carro, provocando nuevas fallas por saturación y lesiones en los usuarios que sufren aplastamiento y sofoco. Otra cuestión de suma importancia es que también se ha elevado de manera importante la probabilidad de un accidente grave (STC Metro y Gobierno CDMX, 2017).

El presente proyecto de inversión tiene por objetivo cumplir con las condiciones de fiabilidad, seguridad y confort, como también la conformidad con las normas y las especificaciones técnicas de calidad establecidas para un servicio de metro¹.

En el ámbito ferroviario, el material rodante es aquel que está dotado de ruedas para circular por una vía férrea. Así, se propone realizar actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, como la rehabilitación y sustitución de trenes, mejorando el servicio en las líneas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, "A" y "B".

1 Para mayor información sobre las normas y especificaciones técnicas, véase: <https://www.metro.cdmx.gob.mx/organismo/marco-normativo>

El documento se encuentra estructurado en cuatro secciones, la primera, la parte introductoria; en la segunda, se detalla la metodología implementada; en la tercera, se muestran los resultados y, finalmente, en la cuarta se concluye el trabajo.

2. METODOLOGÍA

Para evaluar el impacto y la viabilidad del proyecto se analizan los aspectos del mercado a través de un minucioso análisis de la oferta y demanda del transporte en el área de estudio, en términos de calidad y cantidad. Se analizan los aspectos técnicos y técnico-económicos de la propuesta y se evalúan cualitativa y cuantitativamente los beneficios del proyecto.

Dentro de los beneficios del proyecto hay algunos cuantificables y directos, como es el caso de la reducción de costos generalizados de viaje (CGV), es decir, derivado del mantenimiento, el servicio incrementará su capacidad actual, será más eficiente y las fallas se reducirán de manera considerable. Así, todos estos aspectos son considerados para realizar una estimación de estos beneficios, partiendo del cálculo del valor social del tiempo (VST) realizado por el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP) (2018).

Otro de los beneficios directos del proyecto es la disminución del costo de mantenimiento, dicho beneficio es también considerado en la evaluación. Dentro de los beneficios no cuantificables y directos se encuentra aquel derivado de la disminución de emisiones contaminantes, así como la reducción de riesgo catastrófico.

Sobre la metodología empleada para la evaluación económica, se estima el valor presente neto social, contemplando la tasa de descuento social publicada por el CEPEP (10 %) (CEPEP, 2018) y la relación beneficio-costos; ambos se detallan a continuación. Por las características de este proyecto (inversión en más de un periodo de tiempo), no se estima la tasa interna de retorno (TIR) ni la tasa de rentabilidad inmediata. Es importante señalar que para las estimaciones se emplean cifras y datos del año 2018 y la metodología sugerida por Vázquez Corte y Morín Maya (2018), dada la disponibilidad de la información.

Valor presente neto social (VPNS)

Es uno de los indicadores más representativos que permite comparar los beneficios y costos sociales dentro de un proyecto de desarrollo. Es la suma de los valores presentes de los flujos netos de efectivo, menos las inversiones realizadas en el año cero (Jiménez Boulanger et al., 2007).

$$VPNS = -I_0 \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t + BI_t - CI_t \pm \varepsilon}{(1 + d^*)^t} \quad (1)$$

Donde I es la inversión inicial, B_t beneficios directos, C_t costos directos, BI_t beneficios indirectos, CI_t costos indirectos, ε externalidades, d^* tasa social de descuento (TSD) y t es la unidad de tiempo, generalmente un año.

El criterio de decisión tomando en cuenta el valor presente neto social (VPNS) es que, de ser positivo, el proyecto debería aceptarse; si es igual o menor a cero, debería de rechazarse.

Análisis costo/beneficio

Puede ser visto como un sistema de información relevante para la eficiencia en el sector público, sirviendo de apoyo para la toma de decisiones. El análisis costo/beneficio (en adelante, ACB) proporciona información relacionada con la eficiencia distributiva de las alternativas de inversión (Villarreal, 2014).

El ACB compara los costos con los beneficios económicos del proyecto:

$$ACB = \frac{\text{Beneficios del proyecto}}{\text{Costos del proyecto}} \quad (2)$$

Si los beneficios son mayores que los costos, es un primer indicador para la aprobación del proyecto. Los costos y los beneficios se establecen en unidades monetarias, por lo que, generalmente, se emplea dicha metodología para proyectos productivos.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Aspectos de mercado

3.1.1 Análisis de la oferta

a. Infraestructura vial relevante

Con base en el Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP, 2012) México, la longitud total vial de la ZMVM es de 10,182 km, es decir, de manera lineal, se encuentran construidos más de diez mil kilómetros donde transitan tanto vehículos particulares como transporte público; lo que es considerado como la oferta física.

La cual es definida a continuación, diferenciando el tipo de vialidades y servicios.

Oferta física

En el caso de la oferta física, se define para distinguir el tipo de vía empleado en la ZMVM (ITDP, 2012).

- Red secundaria
- Línea genérica de metro
- Rieles suburbanos
- Elevado 2.º piso
- Elevado 2.º piso de cuota
- Carriles exclusivos de Metrobús y Mexibús
- Autopistas de cuota
- Carreteras
- Vías rápidas
- Laterales de vías rápidas
- Eje vial
- Vías en contrasentido
- Red primaria

Los resultados muestran que si se toman en cuenta los automóviles que circulan diariamente en el D. F., utilizan el 85 % del espacio vial ocupado y el transporte público el restante 15 % (ITDP, 2015). De acuerdo con cifras reportadas por el INEGI (2019), el número de automóviles que hay en la ZMVM son 5 millones 800 mil, lo que representa alrededor del doble de los vehículos existentes en 2007.

b. Red de transporte público

Oferta operativa

Sobre la oferta física, las diversas vialidades, se ofrecen una gran cantidad de servicios de transporte público que coexisten y se complementan. Así, la oferta operativa en la ZMVM se divide en los siguientes tipos, conformando un sistema multimodal:

- Trolebús
- Microbús D. F.
- Autobús D. F.
- RTP Servicio Expreso

- Trolebús cero emisiones
- Autobuses extraurbanos
- Microbuses EDOMEX
- Combis EDOMEX
- Autobuses EDOMEX
- Urvan EDOMEX
- Autobuses articulados
- Autobuses padrón
- Peatón
- Automóvil privado
- Autobuses de RTP
- Metro de llantas
- Metro férreo
- Tren ligero
- Tren suburbano
- Combis D. F.

La capacidad y estructura de la antes mencionada red de transporte público, oferta operativa, se muestra en la tabla 1.

Calidad de la oferta de transporte público de pasajeros

Con base en información de la Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México, el transporte público que se ofrece en dicha localidad es deficiente e insuficiente para la población. Se encuentra integrado por los servicios de metro, tren ligero, trolebuses y el servicio de la Red de Transporte de Pasajeros (RTP) y, en general, se estima que presentan fallas que afectan el 29 % de los viajes que se realizan en la ZMVM (Secretaría de Movilidad, 2019).

Tabla 1

Estructura y capacidad de la red de transporte público

Modo	Parque	Capacidad	Velocidad
Metro	Total: 390 Trenes	Trenes	Comercial:
	Neumáticos: 321	Férreos: 69	36 km/h
	9 carros: 292	9 carros: 12	Máxima: 80
	6 carros: 9	7 carros: 30	km/h
		Sentados Parados Total	
		6 vagones 240 780 1020	
		9 vagones 360 1170 1530	
RTP	1400 vehículos	RTP ordinario: 80 personas	Promedio:
	Unidades en circulación: 595	RTP Express: 85 personas	12 km/h
	Unidades en circulación para servicio ordinario: 265		
STE	Trolebuses en operación: 290	Trolebuses: 80 personas	Trolebus
	Trenes en operación: 12-15	Tren ligero: 220 personas	Com.: 40km/h
			Max.: 50 km/h
			Tren ligero
			Com.: 20 km/h
			Máx.: 80 km/h
			Com.: 65 km/h
Tren subterráneo	20 vehículos Serie 447 de Renfe	Trenes de 8 coches en hora pico: 460 sentadas + 1816 de pie = 2276 personas	Com: 65 km/h (paradas en estaciones)
Ecobici	4000 bicicletas conectadas a un sistema central vía GPRS (General Pace Radio Service)	1 persona /bici	15 km/h
Mexibús	Total: 117 autobuses	Volvo 7300: 110 personas	Com.: 40 km/h
	59 autobuses por la línea I (Volvo 7300, Euro IV)	Mercedes Benz (articulado): 160 personas	Máx.: 60 km/h
	58 autobuses articulados por la línea III (Mercedes Benz, Euro V)		
Concesionados baja capacidad del D.F.	1197 unidades	Combi: 12 personas	10 km/h

Nota. "Transporte público masivo en la Zona Metropolitana del Valle de México. Proyecciones de demanda y soluciones al 2024" [Reporte para Hewlett & Flora Foundation Grant 2], por Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo, 2015, p. 37 (<http://mexico.itdp.org/download/19346/>).

Del total de la capacidad del metro, alrededor de 107 trenes (23 % del total) no funciona, presentando fallas cada vez más agudas. El sistema de trolebuses presenta una problemática más aguda, los 300 trolebuses con los que cuenta la red superan los 20 años de antigüedad, su capacidad se ha reducido en 12 % desde el año 2017 y solamente el 63 % se encuentra en operación. En cuanto al tren ligero, un tercio de los trenes

se hallan fuera de operación. En el sistema RTP, a pesar de que se adquirieron unidades nuevas de 2017 a 2019, el 27 % de sus unidades no se encuentra en operación. El único transporte que escapa a dicha situación es el metrobús, debido a la inversión reciente para su crecimiento, solamente presenta problemas de saturación que impactan el tiempo de espera y reducen el confort, la calidad y la seguridad en los viajes (Secretaría de Movilidad, 2019).

Así, la ineficiencia e insuficiencia del transporte público en la ZMVM ha derivado en un incremento de los niveles de saturación vial, calificándola como una de las zonas urbanas con mayor saturación a nivel mundial (TomTom, 2017). La saturación genera que haya una disminución de la velocidad promedio de traslado, siendo esta para el año 2018 de 11 km/hora (López-Ghio et al., 2018), ocasionando problemas de saturación y empeorando la calidad del aire.

Cabe señalar que la crisis del sistema de movilidad de la Ciudad de México tiene de manera intrínseca un componente de desigualdad, ya que impacta en los tiempos y en las condiciones de traslado de los sectores de estratos menores; por ejemplo, realizar un viaje en metro implica 39 % más que en un auto particular, en transporte colectivo son 54 % mayores y en autobús suburbano y RTP 33 % y 22 %, respectivamente más extensos (ITDP, 2015).

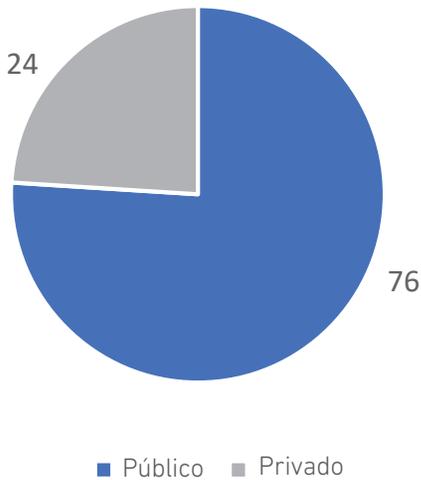
3.1.2 Análisis de la demanda

En la ZMVM se transportan 34.5 millones de personas al día, de las cuales el 76 % utiliza algún tipo de transporte público, de ese total, el 16 % son transportados por el STC Metro, como se observa en las figuras 1 y 2. Al año, el STC Metro atiende a 1,616 millones de usuarios (5.5 millones de usuarios en día promedio), recorre 44.2 millones de kilómetros, da 1.2 millones de vueltas, traslada 36.55 pasajeros por kilómetro recorrido y traslada 7.2 millones de pasajeros por kilómetro de línea (STC Metro y Gobierno CDMX, 2018b).

Como se observa en la figura 2, el tipo del transporte que más se utiliza en la ZMVM es el de tipo colectivo (microbús, combi, entre otros), seguido por el automóvil, el cual ha presentado una tendencia creciente en su uso; entre otras cosas, por la mala calidad del servicio de transporte público, el tipo de transporte público que ocupa el segundo lugar en participación es el metro con casi 16 % de la población; en tercer lugar, el autobús suburbano (7,2 %); cuarto, el taxi en calle o por aplicación (6,4 %); luego el metrobús (3,4 %) y el RTP en el quinto lugar (2,3 %); finalmente, el trolebús y otros con una participación menor al 1 %.

Figura 1

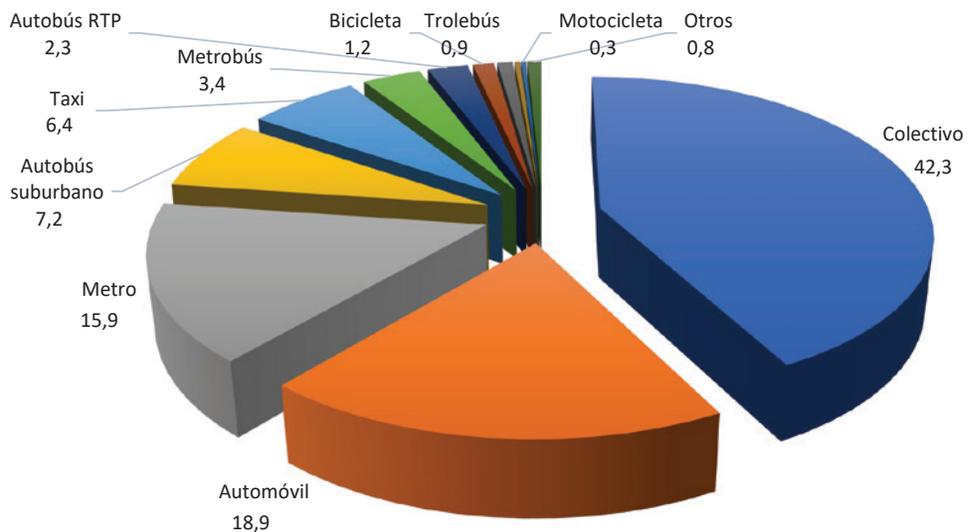
Modo de transporte ZMVM (en porcentaje)



Nota. Elaboración con datos de Sistema de Transporte Colectivo Metro y Gobierno de la Ciudad de México. (2018b). Ingeniería y metro [Presentación] (http://cicm.org.mx/wp-content/files_mf/dgccm4.pdf).

Figura 2

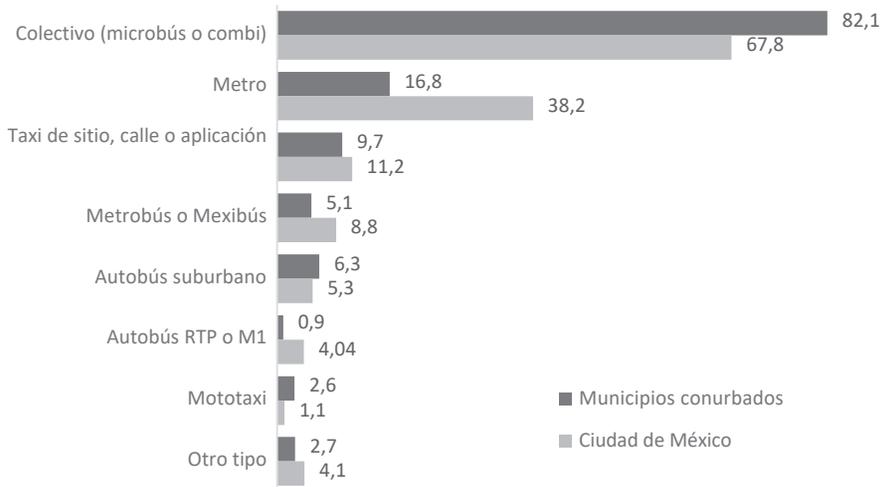
Tipo de transporte ZMVM (en porcentaje)



Nota. Elaboración con datos de Sistema de Transporte Colectivo Metro y Gobierno de la Ciudad de México. (2018b). Ingeniería y metro [Presentación] (http://cicm.org.mx/wp-content/files_mf/dgccm4.pdf).

Figura 3

Demanda de transporte en el Estado de México y CDMX



Nota. Elaboración basada en datos del "Plan estratégico de movilidad de la Ciudad de México. Una ciudad, un sistema", por la Secretaría de Movilidad, 2019, Gobierno de la Ciudad de México, p. 10 (<https://www.movilidad-integrada.tianguisdigital.cdmx.gob.mx/docs/plan-estrategico-de-movilidad-2019.pdf>).

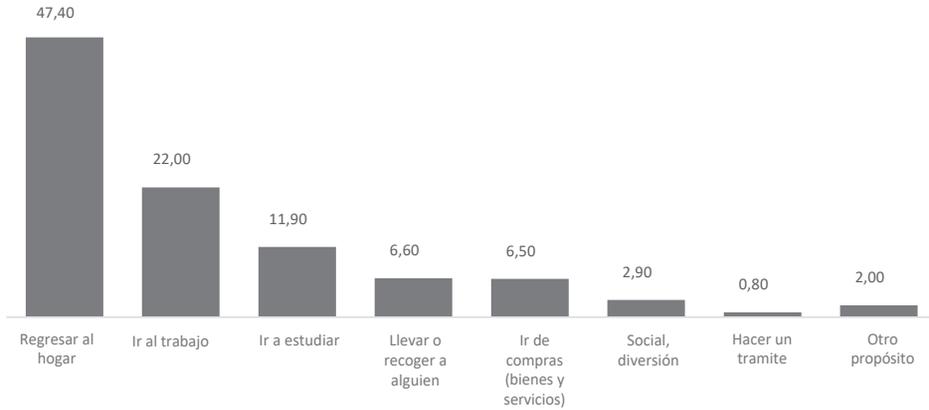
La demanda de transporte del ZMVM se encuentra distribuida como se presenta en la figura 3. Las cifras se presentan para la Ciudad de México y el Estado de México, el 67,8 % de las personas que emplean el transporte público en la capital mexicana se traslada en transporte colectivo, mientras que en el Estado de México es el 82,1 %; el metro ocupa el segundo lugar con el 38,2 % para los capitalinos y 16,8 % para los mexiquenses; en cuanto al taxi, 11,2 % y 9,7 %; el metrobús y Mexibús 8,8 % y 5,1 %; autobús suburbano, 5,3 % y 6,3 %; mototaxi, 2,6 % y 1,1 %, y otros 4,1 %, y 2,6 %, respectivamente.

Se estima que en promedio cada individuo realiza 2,4 viajes al día. Como se observa en la figura 4, la mayoría de ellos (más de 16 mmdv [millones de viajes]) son para regresar al hogar, 7,6 mmdv para ir al trabajo, 4,1 mmdv para ir a estudiar 2,2 mmdv para ir a recoger o llevar a alguien, por mencionar los propósitos más frecuentes.

En cuanto a la duración del viaje, la mayoría de los viajes duran entre 0 y 30 minutos (14,5 mmdv), 8,5 duran entre media hora y una hora, 4,8 mmdv entre una hora y hora y media. En relación con lo mencionado en la justificación, el servicio de transporte público, con base en las estadísticas de propósitos de viaje, posibilita el acceso a un gran número de personas a oportunidades laborales y servicios de educación, revelando la importancia del mismo en términos sociales.

Figura 4

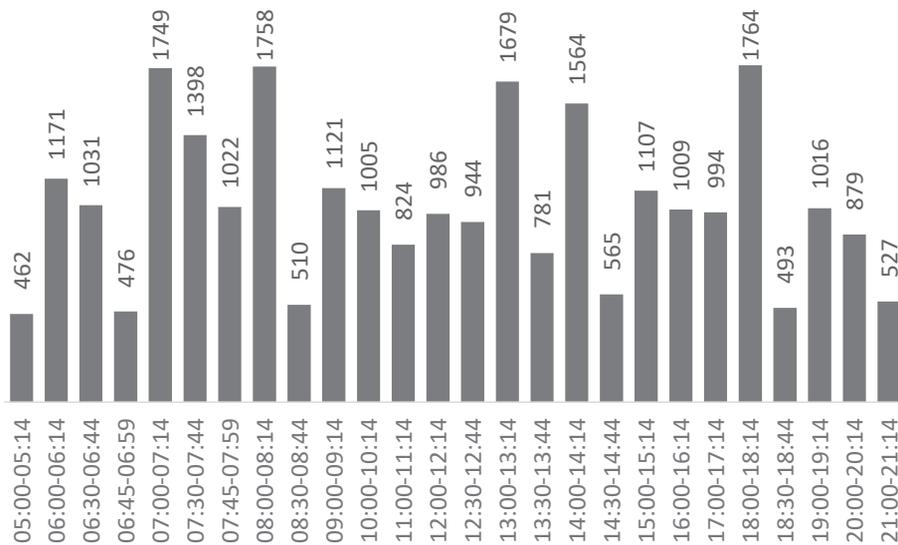
Viaje por propósito millones de viajes (mmdv) (en porcentaje)



Nota. De la "Encuesta Origen-Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México [EOD 2017]", por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 2017, p. 34 (https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/eod/2017/doc/resultados_eod_2017.pdf).

Figura 5

Viajes realizados un día entre semana (miles)



Nota. De la "Encuesta Origen-Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México [EOD 2017]", por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 2017, p. 41 (https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/eod/2017/doc/resultados_eod_2017.pdf).

Las horas de congestión son, según la hora de inicio, en los periodos de 7:00 a 7:59 de la mañana y de las 13-14:14 horas en donde se realizan más de 4 millones de viajes, por lapso. Por la tarde, entre las 18:00 y 18:59 horas es cuando un mayor número de personas regresan al hogar, 2.3 millones de viajes (véase figura 5).

3.1.3 Oferta y demanda

A manera de resumen, la oferta de transporte público en la ZMVM es insuficiente y la demanda es creciente y ha generado externalidades negativas: aumento del parque vehicular y de motocicletas, mayor número de accidentes que vinculan ese tipo de vehículos y crecimiento en la contaminación. La atención de esta situación es urgente, por lo que la puesta en marcha del proyecto de mantenimiento, renovación y modernización ayudaría a incrementar la disponibilidad, calidad, confort y seguridad en la oferta del servicio, aliviando la situación actual y mejorando la calidad de vida de los usuarios.

3.2 Aspectos técnicos

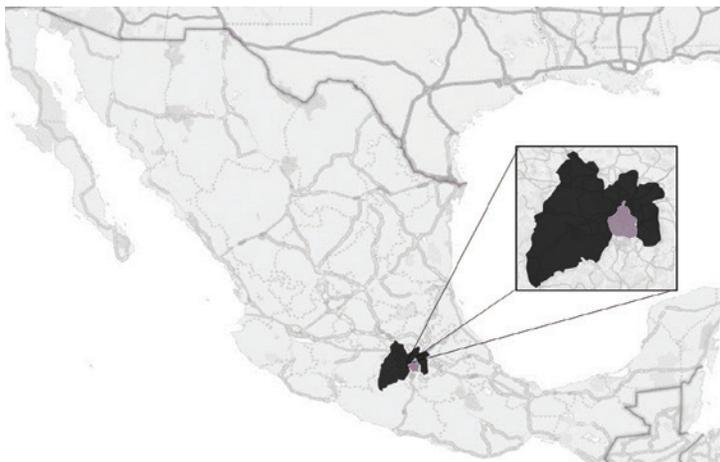
3.2.1 Localización

a. Macrolocalización

Con base en INEGI (2017), en la ZMVM se tiene una población de más de 20 millones de personas, 8.8 millones en la Ciudad de México y más de 12 millones en los 59 municipios conurbados del Estado de México y Tizayuca Hidalgo. El metro se encuentra localizado en la ZMVM, la cual se encuentra en la región centro de México, como se aprecia en la figura 6.

Figura 6

Mapa de la ZMVM y México



Nota. De "OECD Territorial Reviews: Valle de México, Mexico", por Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, 2015, OECD Publishing (<http://dx.doi.org/10.1787/9789264245174-en>).

El STC no solo abarca territorio de la ZMVM². Las 12 líneas con las que cuenta este sistema de transporte tienen una extensión de 226 km distribuidas en alcaldías y municipios. Cuajimalpa de Morelos, Magdalena Contreras, Tlalpan, Milpa Alta y Xochimilco son alcaldías que no cuentan con el servicio de metro, a pesar de que en su conjunto representan el 18 % de la población.

Las estaciones del STC se concentran en la zona centro de la ciudad, que corresponde a la alcaldía Cuauhtémoc, la cual cuenta con 42 de las 195 estaciones, le sigue la Venustiano Carranza con 30 estaciones, luego la Gustavo A. Madero, Benito Juárez e Iztapalapa con 23, 22 y 21 estaciones, respectivamente.

Los municipios de la ZMVM que se ven beneficiados con el STC son Naucalpan de Juárez, Los Reyes, La Paz, Nezahualcóyotl y Ecatepec de Morelos, pues las líneas 2, A y B abarcan fronteras fuera de Ciudad de México.

3.2.2 Aspectos técnicos de la propuesta

Es importante recordar que, para la elaboración de una propuesta de gran magnitud, como la que se presenta, es necesaria la participación de especialistas.

A continuación, se cita la descripción técnica y las fases del proyecto del Plan Maestro del STC Metro 2018-2030 (STC Metro y Gobierno CDMX, 2018a).

- a) Obsolescencia tecnológica y modernización de sistemas
 - Sustitución de motoalternadores por convertidores estáticos de corriente en trenes modelos MP68 y NM73, 41 trenes. Corto Plazo (CP)
 - Sustitución de registradores electrónicos de eventos a todos los modelos de tren, excepto FE07 y FE10, 326 trenes. (CP)
 - Modernización del sistema de control de los motoventiladores de carros de pasajeros, 281 trenes. (CP)
 - Modernizar el sistema de pantógrafos de trenes modelo FM86, 13 trenes. (CP)
 - Modernización del sistema de información al viajero (interfono y voceo, sonorización, ayuda a personas con capacidades diferentes y pantallas) del lote de trenes MP68, NM73, NM79, NM83 A y B, NC82, NE92, MP68 R96, FM86 y FM95. (CP)
 - Modernización del sistema tracción-frenado modelos MP68 R96, NM79, NM83 A y B, NC82, FM86, NE92, 166 trenes. Mediano Plazo (MP)
 - Modernización del sistema de tracción e informática embarcada trenes modelo FM95, 8 trenes. (MP)

2 Si se toma en cuenta la Ciudad de México y Zona Metropolitana del Valle de México, la población asciende alrededor de 22 millones de habitantes según datos de INEGI.

b) Implementación

- Instalación en todo el lote de trenes del sistema de detección de incendios. (CP)
- Adecuación de espacios exclusivos y acondicionados en los carros tipo "M" para personas con capacidades diferentes en todo el lote de trenes (excepto en el FE10 y NM16). (CP)
- Instalación de pasamanos horizontales en cada una de las puertas de acceso a carros de pasajeros. (CP)
- Instalación del sistema de videovigilancia a todos los modelos de tren, 335 trenes. (CP)

c) Ahorro de energía

- Sustitución del sistema de iluminación de lámparas fluorescentes a tipo Led, 211 trenes. (CP)

d) Ampliación y modernización a la infraestructura

- Construcción de una nave de taller para la revisión general de trenes del modelo FM86 de la línea A. (CP)
- Instalación de puente transbordador en taller de mantenimiento Tláhuac.
- Ampliación de la nave de mantenimiento sistemático Tláhuac y de la nave del taller para la revisión general de trenes de la línea 12. (CP)
- Modernización de 8 vías de lavado de carrocerías en talleres de mantenimiento sistemático. (CP)
- Modernización de 7 vías de sopleteado en todos los talleres de mantenimiento Zaragoza. (CP)
- Construcción de vía de sopleteado en el taller de mantenimiento sistemático Zaragoza. (CP)
- Construcción de fosa en taller de mantenimiento mayor Ticomán. (CP)
- Rehabilitación general de sistemas de iluminación, neumático, eléctrico, grúas, fosas, obra civil, baterías de gatos en 10 talleres y locales técnicos y fosas de visita de mantenimiento sistemático mayor (excepto Tláhuac). (CP)
- Construcción de una línea de repintado de carrocería para trenes de modelo FE10. (MP)

e) Rehabilitación

- Rehabilitación de cristales con película protectora de 4 capas en ventanas y puertas de acceso a pasajeros a todos los modelos de tren, 335 trenes. (CP)
- Rehabilitación y modernización del sistema de pilotaje automático 135 khz, 254 trenes. (MP)

f) Parque vehicular

- Compra de 10 trenes para la ampliación de la línea 12. (CP)
- Puesta a punto de 10 trenes detenidos por falta de refacciones. (MP) (pp. 30-31)

3.3 Aspectos técnico-económicos

3.3.1 Impacto físico espacial

Sobre la población beneficiada y sus características, de los 21 millones de habitantes (ONU-Hábitat, 2018) que se estima viven en la ZMVM, el 58 % habita en los municipios conurbados del Estado de México y Tizayuca, mientras que el 42 % vive en la Ciudad de México. Los estratos socioeconómicos a los que pertenecen se encuentran en la tabla 2, como se puede observar existe un mayor porcentaje de la población de estratos bajos en el Estado de México (40 %), en relación con la de la Ciudad de México (21 %), igualmente, se puede notar que la proporción de personas en estrato socioeconómico alto es mayor en la Ciudad de México (20 %) que en el Estado de México (13 %).

Tabla 2

Distribución de la población por estrato y localidad (número de habitantes y porcentaje)

	Localidad	Población	Porcentaje	Estrato	Población	Porcentaje
ZMVM 20,886,703 habitantes	Estado de México y Tizayuca	12 085 106	58	Bajo	4 834 042	40
				Medio	5 680 000	47
				Alto	1 571 064	13
	CDMX	8 801 597	42	Bajo	1 848 335	21
				Medio	5 192 942	59
				Alto	1 760 319	20

Nota. Variable población total y por localidad tomada de la "Encuesta Origen-Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México [EOD 2017]", por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 2017, (https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/eod/2017/doc/resultados_eod_2017.pdf). La estimación de la población por estrato se realizó con base en "Transformando la movilidad urbana en México. Hacia ciudades accesibles con menor uso del automóvil", por el Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo, 2012 (<http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Transformando-la-movilidad-urbana-en-Mexico.pdf>).

Dado el tipo de servicio y el espacio físico de impacto, la mayoría de las personas beneficiadas se encuentran en un nivel socioeconómico medio y bajo (17.5 millones de personas).

Las variables utilizadas para medir el impacto económico del proyecto vienen dadas por los costos y beneficios del mismo, tomando en consideración la situación "sin proyecto"

y un escenario “con proyecto”. Las variables consideradas son: impacto técnico-económico, beneficios e impacto financiero, los cuales se desarrollan a continuación.

3.3.2 Impacto técnico-económico

Cabe señalar que, sobre la formulación del presente proyecto, tendrá beneficios de largo plazo. La inversión se realiza en dos periodos. La primera inversión es aquella con mayor monto y es con base en la cual se realizará el mantenimiento y renovación de tipo inmediato, así como la compra de los 10 trenes. La segunda parte de la inversión garantizará que se siga realizando el mantenimiento sobre los trenes y que se dé el proceso de modernización del STC Metro.

Dentro del Plan Maestro del STC Metro 2018-2030, se consideraron los montos de inversión para el proyecto de mantenimiento, renovación y modernización al año 2018 que se presentan en la tabla 3.

Tabla 3

Montos de inversión del proyecto en millones de pesos mexicanos

Corto plazo (año 1)	
Obsolescencia tecnológica y modernización de sistemas	4087
Implementación	1789
Ahorro de energía	100
Ampliación y modernización a la infraestructura	721
Rehabilitación	170
Parque vehicular	3300
Subtotal	10 167
Mediano plazo (años 3 a 7)	
Obsolescencia tecnológica y modernización de sistemas	7360
Ampliación y modernización a la infraestructura	25
Rehabilitación	250
Parque vehicular	400
Subtotal	8035
Total	18 202

Nota. De Plan maestro del metro 2018-2030, por el Sistema de Transporte Colectivo Metro y Gobierno de la Ciudad de México, 2018a, p. 32 (https://metro.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Metro%20Acerca%20de%20Mas%20informacion/planmaestro18_30.pdf).

3.3.3 Beneficios

- a. **Beneficio por reducción de costos generalizados de viaje (CGV) (tiempo de traslado y costos de operación vehicular) de vehículos particulares**

El incremento en la capacidad del metro por los 10 trenes nuevos y el aumento en su eficiencia por el mantenimiento y renovación de componentes de los trenes existentes permitirá que la población cambie sus preferencias de transporte, sustituyendo el uso del automóvil por el viaje en metro, liberando una cantidad importante de espacio en la red vial, generando menor congestión vial, mayor velocidad y menores tiempos de viaje, lo cual beneficiará al transporte colectivo y a los usuarios de vehículos motorizados privados.

- b. Beneficio por la disminución de tiempos de traslado para los pasajeros del transporte público

El proyecto incrementará la capacidad del metro: i) al poner en circulación 105 trenes que se encuentran fuera de circulación (27 % más de su capacidad actual) y ii) se comprarán 10 nuevos trenes.

Asimismo, incrementará su eficiencia en dos sentidos: i) disminuyendo el número de fallas en un 90 % (aliviando 19 976 fallas de 22 195 que se presentan anualmente) y ii) optimizando el servicio, el cual actualmente toma 39 % más del tiempo para realizar un traslado en relación al mismo recorrido empleando un automóvil, se asume que en gran parte por dichas fallas.

Tomando en cuenta la antigüedad promedio de cada tren del metro (34 años) y que podría ser de hasta 55, en promedio se tendrían 105 trenes más funcionando otros 21 años. El beneficio se calcula con base en que, actualmente, se transportan 1616 millones de usuarios al año, con el 73 % de la capacidad. Empleando una regla de tres, 27 % más de la capacidad se vería reflejada en 597.7 millones más de usuarios al año. Eso multiplicado por precio sin subsidio, 13,24 pesos mexicanos, sería igual a 7913 millones de pesos mexicanos al año.

El cálculo se realizó considerando que los nuevos trenes tendrán una vida útil de, por lo menos, 30 años. Tomando como referencia el número promedio que transporta cada tren al día, 8955 personas (usuarios promedio por línea / 42 trenes que hay en servicio en una línea en promedio, es decir, $376\ 136/42 = 8955$), por 365 días, dará como resultado que cada tren transportará en promedio 3 268 800 de personas, siendo un total de 326,8 millones de personas más al año las que serán transportadas. Para obtener el beneficio en términos monetarios, se multiplica por el costo sin subsidio 13,24 pesos mexicanos y el beneficio monetario por año es 4326.8 millones de pesos mexicanos al año.

Para estimar el impacto por falla, se tomó la afluencia diaria promedio por línea, obtenida a través del sitio web del metro, para lo cual en promedio un tren tarda en dar una hora y media la vuelta a la línea y que ese mismo lapso es el que le toma a la línea que el impacto de la avería desaparezca, por lo que, a los usuarios durante

dicho lapso les toma cinco minutos más transportarse. Así, la afluencia promedio por línea es 376 136 personas por día, distribuidas en 15 periodos de 1,5 horas (21 horas de servicio/1,5 horas, que es la duración de cada vuelta). Así, por cada falla, 25 075 personas pierden 5 minutos, en agregado 125 378 minutos (2090 horas) que, multiplicados el VST (50,25 pesos mexicanos/hora) dan igual a una pérdida de más de 105 004 pesos mexicanos por falla. Si al año se reduce el 90 % de las fallas (19 976), se ahorrarían más 41 millones de pesos mexicanos al año.

Para la estimación del ahorro de tiempo por mayor eficiencia en el servicio se toman como referencia los datos de afluencia anual de pasajeros al año 2018, se considera que el tiempo promedio de viaje es de 45 minutos y que disminuirá en 39 % el tiempo de traslado para dichos usuarios. Igualmente, para la realización de dicha estimación, se toma en cuenta el valor del tiempo social, fijado por la CEPEP (2018), el cual es de 50,25 pesos mexicanos por hora.

c. Beneficio por ahorro de costos de operación y mantenimiento

Con base en lo previamente mencionado en los aspectos técnicos, el ahorro de esta categoría provendrá de la renovación y modernización material de mantenimiento del material rodante, por lo que, con herramientas más modernas, habrá mayor eficiencia en el mantenimiento. Además del ahorro de energía por cambio de equipo eléctrico.

d. Beneficio por la disminución de emisiones contaminantes al medio ambiente, a causa de utilizar tecnologías que emiten menos gases

El incremento de la capacidad y mayor eficiencia del transporte provocará un efecto sustitución entre el servicio de metro y el uso del automóvil, por lo que redundará en una emisión de gases contaminantes. Dicho efecto sustitución también ocasionará que la red vial esté más libre, por lo que la congestión se aliviará, redundando en menor contaminación por parte del transporte colectivo y otros automóviles.

e. Beneficio por reducción de probabilidad de evento catastrófico

El mantenimiento, renovación y modernización del material rodante permitirán reducir la probabilidad de que haya un accidente (descarrilamiento) con costos humanos y materiales muy elevado.

Este tipo de proyectos sirven para mantener en buen estado y cuidar una inversión que al país le ha costado muchos recursos y que su valor de reposición actual, como se menciona en la justificación, es cercano a 400 000 millones de pesos mexicanos.

La evaluación económica se realiza con base en los indicadores valor presente neto, contemplando la tasa de descuento social publicada por el CEPEP

(10 %) (CEPEP, 2018) y la relación beneficio-costo. Por las características de este proyecto (inversión en más de un periodo de tiempo), no se estima la tasa interna de retorno (TIR), ni la tasa de rentabilidad inmediata. Es importante señalar que para las estimaciones se emplean cifras y datos del año 2018 y la metodología sugerida por Vázquez Corte y Morín Maya (2018), por la disponibilidad de la información.

3.3.4 Impacto financiero

Tabla 4

Beneficio valor presente neto (VPN) en millones de pesos mexicanos

Acción	Efecto	Beneficio
Mantenimiento	Disminuir fallas en 90 %	2519,27
	Mayor eficiencia, 39 % ahorro tiempo	145,95
Modernización	Incrementar la vida útil de 105 trenes en 21 años	68 441,86
Diez trenes nuevos	Incrementar la capacidad	40 788,37
Total beneficios		111 895,45
Inversión		-18 202
Valor presente neto		93 693,45

Nota. Elaboración con datos de la estimación.

El valor presente neto del proyecto, como se observa en la tabla 4, no solamente es positivo, sino que es superior a la inversión inicial (más de 6 veces, como indica la relación beneficio/costo). Los beneficios que tiene este proyecto por disminución del CGV y disminución de tiempos de traslado para los pasajeros del transporte público son enormes. Lo anterior significa que, día a día, millones de personas tienen costos por la ineficiencia del proyecto que son importantes y que impactan su situación socioeconómica, pero que no se visualizan porque se reparten y se normalizan.

Para la sociedad mexicana tiene un gran costo social, ya que existe un detrimento de la calidad de vida, de las horas disponibles para el descanso, labores en el hogar, recreación y actividades culturales complementarias, actividades necesarias para la reproducción y mantenimiento del capital humano.

Tabla 5

Estimación beneficio/costo en millones de pesos mexicanos

Beneficio	111 895,45
Costo	18 202
Beneficio/costo	6,15

Nota. Elaboración con datos de la estimación.

El impacto del proyecto es tan significativo que, como se observa en tabla 5, en términos de la relación beneficio/costo, los beneficios son 6 veces mayores que el costo de dicho proyecto.

3.3.5 Impacto fiscal y opciones de financiamiento

Cabe destacar que el proyecto imprime una importante carga fiscal, ya que es un servicio subsidiado y, para la realización de este proyecto, se deben usar recursos públicos. Sin embargo, como se menciona en la justificación, este tipo de servicios deben ser provistos por el Gobierno para garantizar el acceso a oportunidades laborales y servicios que, de otra manera, sería mucho más caro y difícil acceder y pondrían en desventaja a la población de estratos socioeconómicos más bajos, promoviendo la desigualdad y la ampliación de la brecha ya existente. La situación actual, "sin el proyecto", imprime un gran costo social que, al ser dividido (socializado), se pierde la magnitud de la problemática y sus efectos agregados.

Para el financiamiento, con base en el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el esquema más común de financiamiento para proyectos de transporte es de colaboración público-privada. Las recomendaciones que dicta dicho organismo para que el esquema tenga un buen funcionamiento son las siguientes: existencia de fuerte regulación por parte del Estado, financiar los servicios cuya operación esté debidamente delimitada en los contratos de concesión y exigir a los operadores rigurosidad de los criterios, claridad y transparencia en la fijación de tarifas (Cáceres, 2016).

4. CONCLUSIONES

En el presente documento se evidencia la importancia que tiene el proyecto de renovación, mantenimiento y modernización del material rodante del STC Metro para la población de la ZMVM. En los últimos años, las condiciones en términos de calidad en el servicio han empeorado drásticamente, incrementando los tiempos de viaje, generando incomodidad entre los pasajeros y aumentando las probabilidades de incidentes catastróficos.

Algunas cuestiones que esta situación ha generado son: insuficiente presupuesto asignado, liberación tardía de recursos (a medio año en el que serán ejercidos), largos periodos de tiempo para contratar servicios o realizar adquisiciones. Dichas circunstancias provocan que se pospongan los mantenimientos sistemático y mayor, como también el programa de rehabilitación, incrementando el kilometraje especificado para el mantenimiento de los trenes, generando costos adicionales por cambio de componentes que se deterioran por falta de atención oportuna. Además, el número de averías se incrementa por no realizarse el mantenimiento en el tiempo estipulado en los manuales (STC Metro y Gobierno CDMX, 2017).

Con base en lo anterior, es de suma importancia implementar programas en el corto y mediano plazo para mejorar los activos que han sido afectados, incrementando la calidad, cantidad, confort, fiabilidad y seguridad en el servicio. Todos esos aspectos son de relevancia, tanto para trabajadores como para los usuarios, de manera particular, para aquellos que tienen alguna discapacidad o condición que limite su movilidad.

Igualmente, una motivación más para realizar este proyecto son las consecuencias catastróficas que podrían presentarse de no llevarse a cabo, tales como que, las fallas que está presentando el sistema, consideradas fisuras, se conviertan en fracturas lo que provocaría que el equipo se caiga del tren en las vías, provocando que se descarrile (De la Teja, 2011).

Es importante señalar que la lamentable situación que enfrenta el STC Metro tiene altos costos para la población, los cuales no son visibilizados directamente por que son socializados, es decir, repartidos entre los millones de usuarios y miles de trabajadores. Lo anterior redundaría en un menor rendimiento, productividad y aprovechamiento de los recursos de la Zona Metropolitana y, por ende, del país. Así, una de las contribuciones del presente es cuantificar y visibilizar los beneficios sociales directos e indirectos que tendría el proyecto.

El análisis de los beneficios muestra que el proyecto impactará multidimensionalmente, por un lado, los beneficios directos para los usuarios del STC Metro, mejorando su confort, seguridad y disminuyendo los costos en tiempos de viaje, expandiendo sus posibilidades de optimización en el uso del tiempo. Igualmente, la propia institución, el STC, se verá beneficiada en cuanto a la disminución del costo de mantenimiento subsecuente a este proyecto. Dada la naturaleza del STC y la energía que emplea para su operación, el impacto que tiene en las emisiones directas de gases contaminantes es nulo, por lo que su correcta operación genera que se elija, como primera opción, y también como un sustituto de otro tipo de transportes que son más costosos, que emiten CO² y que colapsan otras vías de comunicación, impidiendo el tráfico vehicular.

En cuanto al análisis financiero, el cálculo del valor presente neto social indica que la viabilidad financiera del proyecto se garantiza en términos de los beneficios sociales, medidos en términos monetarios. La relación beneficio/costo indica que, por cada unidad monetaria que se invierte, se obtienen beneficios equivalentes a más de 6 unidades monetarias.

REFERENCIAS

- Barría, C. (2018, 13 de agosto). *Cuáles serán las 7 ciudades más pobladas del mundo en 2100 (y qué pasará en América Latina)*. BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-45119874>
- Cáceres, A. (2016, 19 de septiembre). *Oportunidades de financiamiento para operadores privados de transporte público en América Latina*. BID Transporte. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://blogs.iadb.org/transporte/es/oportunidades-de-financiamiento-para-operadores-privados-de-transporte-publico-en-america-latina/>
- Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos. (2018). *Valor social del tiempo a nivel nacional en México para 2018*. <https://www.cepep.gob.mx/work/models/CEPEP/metodologias/VST2018.pdf>
- De la Teja, S. (2011). *Sistematización del mantenimiento de material rodante para aumentar su disponibilidad* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Tesiunam. <http://132.248.9.195/ptb2011/marzo/0667223/Index.html>
- Hernández, D. (2017). Transporte público, bienestar y desigualdad: cobertura y capacidad de pago en la ciudad de Montevideo. *Revista CEPAL*, (122), 165-185. <https://hdl.handle.net/11362/42036>
- Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (2012). *Transformando la movilidad urbana en México*. Hacia ciudades accesibles con menor uso del automóvil. <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Transformando-la-movilidad-urbana-en-Mexico.pdf>
- Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (2015). *Transporte público masivo en la Zona Metropolitana del Valle de México. Proyecciones de demanda y soluciones al 2024* [Reporte para Hewlett & Flora Foundation Grant 2]. <http://mexico.itdp.org/download/19346/>
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (2017). Encuesta Origen-Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México [EOD 2017]. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/eod/2017/doc/resultados_eod_2017.pdf

- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (2019). *Parque vehicular*. <https://www.inegi.org.mx/temas/vehiculos/>
- Jiménez Boulanger, F., Espinoza Gutiérrez, C. L., & Fonseca Retana, L. (2007). *Ingeniería Económica*. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- López-Ghio, R. L., Bocarejo, J. P., & Blanco Blanco, A. (2018). *Políticas de tarificación por congestión: efectos potenciales y consideraciones para su implementación en Bogotá, Ciudad de México y Santiago*. Banco Interamericano de Desarrollo. <http://dx.doi.org/10.18235/0001116>
- Organización de las Naciones Unidas-Hábitat. (2018, 7 de septiembre). *Superficie de CDMX crece a ritmo tres veces superior al de su población*. Recuperado el 25 de octubre de 2019 de <https://www.onuhabitat.org.mx/index.php/superficie-de-cdmx-crece-a-ritmo-tres-veces-superior-al-de-su-poblacion>
- Organización para la Cooperación & Desarrollo Económicos. (2015). *OECD Territorial Reviews: Valle de México, Mexico*. OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264245174-en>
- Secretaría de Movilidad. (2019). *Plan estratégico de movilidad de la Ciudad de México. Una ciudad, un sistema*. Gobierno de la Ciudad de México. <https://www.movilidad-integrada.tianguisdigital.cdmx.gob.mx/docs/plan-estrategico-de-movilidad-2019.pdf>
- Sistema de Transporte Colectivo Metro & Gobierno de la Ciudad de México. (2018a). *Plan maestro del metro 2018-2030*. https://metro.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Metro%20Acerca%20de%20Mas%20informacion/planmaestro18_30.pdf
- Sistema de Transporte Colectivo Metro & Gobierno de la Ciudad de México. (2018b). *Ingeniería y metro [Presentación]*. http://cicm.org.mx/wp-content/files_mf/dgccm4.pdf
- Sistema de Transporte Colectivo Metro & Gobierno de la Ciudad de México. (2017). *Diagnóstico sobre el servicio y las instalaciones del sistema de transporte colectivo 2013-2018. Atención a recomendación 14/2016 de la Comisión de Derechos Humanos del Distrito Federal*. <https://www.metro.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Banners/diagnostico.pdf>
- Sistema de Transporte Colectivo & Gobierno de la Ciudad de México. (2008). *Características generales del material rodante*. <https://metro.cdmx.gob.mx/operacion/mas-informacion/material-rodante>.
- TomTom. (2017, 21 de febrero). *TomTom Traffic Index 2017: Mexico City retains crown of "most traffic congested city" in world*. <https://corporate.tomtom.com/static-files/7b98ada1-ec2c-4da0-8579-f83ac0f31d88>

Vázquez Corte, C. & Morín Maya, E. (2018). Metodología para la evaluación socioeconómica de proyectos de transporte masivo. Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos. <https://www.cepep.gob.mx/es/CEPEP/Materiales>

Villarreal, A. (2014). *El análisis costo beneficio y la viabilidad de los proyectos en el sector público*. http://www.educoea.org/Portal/bdigital/contenido/interamer/BklACD/Interamer/Interamerhtml/Riverahtml/riv_zav_villa.htm

IMPROVEMENT OF PVC COMPOUND PLASTICIZER EXTRACTION PROCESS*

JULIA GUADALUPE PÉREZ ARTEAGA**

<https://orcid.org/0000-0002-5211-8479>

Instituto de Estudios Superiores de Tamaulipas. Facultad de Posgrado
en Ciencias Exactas. Altamira, México

MARCO ANTONIO DÍAZ MARTÍNEZ**

<https://orcid.org/0000-0003-1054-7088>

Tecnológico Nacional de México, Facultad de Ingeniería Industrial
Pánuco, México

REINA VERÓNICA ROMÁN SALINAS**

<https://orcid.org/0000-0001-9287-4298>

Tecnológico Nacional de México, Facultad de Ingeniería Industrial
Pánuco, México

Recibido: 18 de agosto del 2021 / Aprobado: 10 de marzo del 2022

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n42.5865>

ABSTRACT: The Soxhlet method in extracting plasticizers from PVC compounds presents various areas for improvement, such as the amount of solvent used, the time required in the process, and its costs. This study proposes replacing the Soxhlet method with the ultrasound-assisted method to reduce the time, costs, and amount of solvent used in plasticizer extraction. It also proposes using solvent recovered from previous extractions to reduce costs further. The study involved experimentation with three different grades of PVC compounds (medical, cable, and profile) to compare the recovery of plasticizers by the Soxhlet and the ultrasound-assisted methods. The plasticizers obtained were analyzed using gas chromatography, gas chromatography coupled with mass spectroscopy, and Fourier-transform infrared spectroscopy to evaluate the results of each extraction method as compared to reference compounds and determine any possible

* Todos autores han contribuido con la misma intensidad en el diseño, obtención de datos, análisis, revisión crítica de su contenido y aprobación final de la versión publicada.

** Correos electrónicos en orden de aparición: julia.perezarteaga@iest.edu.mx; marco.diaz@istpanuco.edu.mx; reina.roman@itspanuco.edu.mx

interference. The proposed method yields 96 % of plasticizer extraction, a decrease from 360 to 60 minutes in the extraction process, and a decrease from 150 to 100 ml in solvent use. Complemented by the use of recovered solvent, the proposed method reduces costs from 93,000.00 to 15,000.00 Mexican pesos.

KEYWORDS: extraction / continuous improvement / gases chromatography / gas chromatography coupled with mass spectroscopy

MEJORA DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE PLASTIFICANTES DE COMPUESTOS DE PVC

RESUMEN: La extracción de plastificantes de compuestos de PVC ofrece variedad de mejoras, como la cantidad de solvente utilizado, el tiempo que toma el proceso y los costos del mismo. Este estudio propone reemplazar el método Soxhlet con el método de extracción asistida por ultrasonido para reducir el tiempo, los costos y la cantidad de solvente utilizado en la extracción de plastificantes. También propone el uso de solvente recuperado de extracciones anteriores para reducir aun más los costos. El estudio supuso la experimentación con compuestos de PVC de tres diferentes grados (médico, cable y perfilería) en la recuperación de plastificantes para comparar los resultados obtenidos por medio del método Soxhlet y por el método asistido por ultrasonido. Los plastificantes obtenidos fueron analizados utilizando cromatografía de gases, cromatografía de gases acoplada con espectroscopía de masas y espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier para evaluar los resultados de cada método de extracción al compararlos con la fórmula de los componentes de referencia y determinar alguna posible interferencia. El método propuesto logra una extracción de 96 % de los plastificantes, una reducción de 360 a 60 minutos y de 150 a 100 ml de solvente en el proceso de extracción. Complementado con el uso de solvente recuperado, el método propuesto reduce los costos de 93 000.00 a 15 000.00 pesos mexicanos.

PALABRAS CLAVE: extracción / mejora continua / cromatografía de gases / cromatografía de gases acoplada con espectroscopía de masas

1. INTRODUCTION

Many industries worldwide produce rigid or flexible Polyvinyl Chloride (PVC) compounds for different applications. PVC is one of the most important plastic materials, widely used in construction, packaging, electronics, and daily consumer goods, among other applications.

PVC has good electrical and insulation properties over a wide range of temperatures, excellent durability, and useful life of approximately 40 years. It is also easily processed to obtain the desired specifications of the final product and endures aggressive environments. PVC compounds, produced by different processes such as injection and extrusion, are used for different applications such as construction, cable and wire insulation, door and window frames, ducts and pipes, lining and roofing membranes, wall coverings, floor, tiles, and profiles. PVC compounds also appear in toys such as dolls, bath ducks, inflatable beach toys, wading pools, balls, and some baby care items.

Medical-grade PVC is present in the manufacture of surgical gloves, tubes, serum bags, plasma and blood bags for transfusions and dialysis (studies show that the contact with PVC materials extends the useful life of blood and plasma by 30% (Mariano, 2011).

Being the second most-produced plastic after polyethylene (Jakobi, 2002), PVC manufacturing is immersed in intense competition to improve formulations, whether from the customers' side or the market's side. Reverse Engineering makes it possible to obtain the necessary information to develop new processes to start producing counter-type products or products with economic or performance advantages.

A crucial step in the Reverse Engineering of PVC compounds is the solid-liquid separation in the extraction process involving an organic solvent and a solid phase of PVC film. In this process, plasticizers and co-components are identified and quantified (United States Environmental Protection Agency, 2007a).

Many component extraction systems currently include traditional percolation, Soxhlet, and immersion techniques. Moreover, new extraction technologies use critical fluids, microwaves, and ultrasound (Peredo et al., 2009).

Soxhlet extraction has been —and in many cases continues to be— the standard method of extracting solid samples. Since its invention over a hundred and forty years ago, it has been the reference method against which to compare other extraction methods. Significant institutions such as the United States Environmental Protection Agency (EPA) and the Food and Drug Administration (FDA) use this classic technique as an official method for continuous solids extraction. In this procedure, the solid sample is finely pulverized and placed in a porous material cartridge in of Soxhlet extractor's chamber. The extracting solvent, located in the flask, is heated so that its vapors rise to the cooling area and, condensed, start falling, drop by drop, on the cartridge containing

the sample, extracting the soluble analytes. When the level of condensed solvent in the chamber reaches the top of the side siphon, the solvent, with dissolved analytes, flows up the siphon and returns to the boiling flask. The process is repeated until all the analytes from the sample have been extracted and are concentrated in the solvent (Universidad Pablo de Olavide, 2004).

Food processing is constantly evolving in response to the challenges and needs of today's society. In this sense, introducing new technologies is vital to reduce processing time, improve operating conditions, and reduce energy needs and environmental costs. The use of ultrasound is an example of a new technology whose application in food processing could improve these parameters. In general terms, ultrasound prominently has importance and application in improving food processes by influencing their kinetics, performance, or the quality of the products (Ulloa et al., 2013).

The use of ultrasound in the extraction of natural products initially aimed to optimize the extraction technique of different matrices of organic nature. Lucena (2019) chose to extract plasticizing compounds present in a synthetic polymeric matrix such as a food-grade PVC film with a perfectly-known composition to study the factors that affect ultrasound-assisted extraction. The incidence of variables such as power, time, and amount of solvent in the extraction was carefully studied.

The incorporation of ultrasound into processes in the food industry is a trend with substantial growth, where the aim is to preserve the sensory quality of food.

The improved efficiency of the extraction of organic compounds by ultrasound is attributed both to acoustic cavitation and mechanical effects. Acoustic cavitation produces the fracture of the cell walls in the plant material, facilitating the penetration of the solvent and allowing the release of the intracellular product. Another mechanical effect caused by ultrasound can also be the agitation of the solvent used for extraction, which increases the surface area of contact between the solvent and the specific compounds of interest, allowing greater penetration of the solvent into the sample matrix (Zhang et al., 2008).

Ultrasound-assisted extraction (UAE) is not a novel extraction method, as it has been widely used in extracting compounds from plants and fruits since the 1980s (Wong-Paz et al., 2017).

A characteristic of high-intensity ultrasonic waves is their ability to act in synergy with other forms of energy, stimulating, accelerating, or improving many processes. This is why several practical ultrasound applications are not exclusively ultrasonic processes but ultrasonically assisted processes. Such a situation is particularly important in those processes related to the food industry, where the application of ultrasonic waves requires clean energy (Knorr et al., 2004, Chemat et al., 2011; Mason et al., 1996).

Sonication generates the formation and collapse of microscopic bubbles that release large amounts of energy in the form of heat, pressure, and mechanical stress (Briones-Labarca et al., 2015); in this way, microturbulence and increased diffusion are generated (Shirsath et al., 2017)

Efforts to avoid the disadvantages of conventional extraction methods have resulted in the implementation of other techniques known as “green technologies”. In addition to presenting various advantages in the extraction process, these technologies do not negatively impact the environment and reduce the use of organic or green solvents significantly (Dar et al., 2015).

The main environmentally-friendly techniques are ultrasound (UAE), microwave (EAM), pressurized liquids (ELP), and supercritical fluids-assisted extraction (Carciochi et al., 2017). UAE and EAM are the most used because of their high yields of bioactive compounds, smaller amounts of solvent used, and shorter extraction times (Bandar et al., 2013). However, despite having these alternatives, few investigations use these techniques to extract and recover bioactive compounds from citrus fruit residues (Khan et al., 2010; Boudhrioua et al., 2016).

Currently, the use of ultrasound in food processing has increased due to its advantages over conventional processes in terms of time and temperature, effective mixing, increase in mass and energy transfer, and reduction of thermal gradients. Concentration, selective extraction, faster response to extraction process control, increased production rate, and removal of microorganisms and enzymes without destroying food nutrients are also advantages of using ultrasound (Campo et al., 2018).

Spinella et al. (2015) evaluated the effect of different variables (temperature, power, moisture content of the grain) during ultrasound-assisted solvent extraction of high stearic sunflower oil. The process allowed a 92% increase in the oil yield in the first thirty minutes compared to the conventional Soxhlet method.

Corona et al. (2016) also mention that the ultrasound-assisted process showed a greater yield than conventional methods in extracting phenolic compounds from chia seeds.

There are two methods for ultrasound-assisted extraction: directly, through a system of probes immersed in the liquid-solid system with very high intensities or, indirectly, using an ultrasonic water bath and placing the sample in a flask with the solvent, so the waves travel through the water to the plant material. These techniques are used to obtain polysaccharides such as pectins, essential oils, bioactive compounds, and proteins (Bromberger et al., 2018).

These references guided the authors to study the substitution of the conventional Soxhlet method used in the Reverse Engineering of the Research and Development Department of a PVC compounds company located in the South of Tamaulipas, Mexico

by the ultrasound method. The conventional method wastes person-hours and usually delays delivery of results, and when it uses a certain amount of flammable solvent, it compromises the safety of the staff. This study aims to improve safety conditions by reducing the person-hours invested in the PVC compounds extraction process and minimizing the exposure time of the personnel to flammable solvents, thus diminishing the process' environmental and economic impact.

2. METHODOLOGY

The research for this paper was carried out in the Product Design and Development Laboratory of a leading manufacturer of PVC compounds in Latin America, located in the South of Tamaulipas, Mexico. The extraction process of plasticizers from PVC compounds uses flammable solvents. Safety measures implemented due to incidents that have occurred a couple of times cause delays in delivering results. In order to reduce exposure risks and delays, this study searched for improvement opportunities related to the time and cost of the solid-liquid extraction process currently carried out using the conventional Soxhlet method (United States Environmental Protection Agency, 1996). Comparative data on solvent consumption was collected over a period of twelve months, from January to December 2019. Likewise, with the use of appropriate techniques and methods, a proposal for ultrasound-assisted extraction technology (UAE) was analyzed and evaluated. Its efficiency and optimal conditions were designed for this new system.

This section details the variables used in the proposed UAE method (United States Environmental Protection Agency, 2007b.) to obtain the liquid extracts of three flexible PVC compounds for medical, profile, and cable applications.

Table 1

Experimentation test variables

Solvent amount (milliliters)	Extraction time (minutes)
50	30
50	30

2.1 Equipment, Materials and Services

The study used different equipment and instruments: a Mettler Electronics ultrasound bath equipment (model ME-4.6) of 85 watts of power and 50/60 Hz frequency, which served for the development of the UAE method tests. Special glass equipment was used for extraction by the Soxhlet method. Two grams of PVC compound were pressed using a Collin brand hot plate press and a Dake Corporation cold plate press in order to maximize the contact area between compound and solvent for both extraction methods. In one of the final stages of the plasticizer extraction process, a Lab-line brand vacuum oven was

used to eliminate the remaining solvent. Analytical balances of the Sartorius brand, chromatometers, and thermometers were used, among other essential instruments.

We also used equipment for plasticizer extract analysis, such as Perkin Elmer Infrared Spectrophotometer Spectrum 100 model, Agilent Technologies 7890 °C Gas Chromatograph (Column 19095Z-423 of 300 °C: 3 μ m x 530 μ m), a Clarus 680 model gas chromatograph coupled to a Perkin Elmer Clarus SQ 8T mass spectrometer model (Elite 5 MS Column Part N.º. 9316282 m dimension of 30 m. ID 0.25, DF 0.25 temperature range from -60 °C to 350 °C).

2.2 Research Design

This study used commercial compounds of medical-grade, cable, and footwear PVC produced by the company in South of Tamaulipas to extract plasticizers by the Soxhlet and the ultrasound-assisted methods. The Soxhlet method, one of the most widely used for extracting solid samples, serves as a standard against which other methods can be compared. The Soxhlet method obtains high levels of analytes by keeping the sample in contact with fresh solvent during the process; the operating methodology is simple, and complex purification processes are not required. However, this technique is costly and requires investing considerable time in monitoring.

The objective of having three different PVC compounds was to compare their plasticizer content to determine their recovery percentage according to their formula and the application of the alternative method in the Reverse Engineering process. Each formulation was carried out by five replicates for each method. The recovery results obtained were used to determine the reliability of each method.

The samples submitted for analysis were weighed before the extraction process. Two grams of each compound were pressed to form a very thin film to allow a greater contact area between the solid and the solvent. The process involved three different stages: extraction of the plasticizer, distillation of the anhydrous ethyl ether solvent, and drying of the plasticizer in a vacuum for both methods. We explain the process stages for both methods in the following sections of this article.

2.3 Soxhlet Method

We extracted the plasticizers from the three PVC compounds using the Soxhlet method. The procedure was carried out as follows:

1. Place 2 grams of PVC compound film in the Soxhlet system.
2. Divide 150 ml. of solvent between a flat-bottomed flask and a Soxhlet system, fit together and place them in a water bath at a temperature of 35 +/- 5 °C for 6 hours.

3. Distill the solvent with the extract for one hour at a temperature of 55 °C. The volatile solvent condenses in a receiving flask. Then it can be stored for later use.
4. Once the distilling is over, remove traces of the solvent by placing the flat-bottomed flask in a vacuum oven for one hour at a temperature of 65 °C.

2.4 Ultrasound-assisted extraction method

A Mettler model ME-4.6 ultrasound bath equipment was used for the ultrasound-assisted plasticizer extraction. This type of equipment is usually used for cleaning medical instruments, metal parts, and glassware. Given its low power (85 watts) and frequency (50/60 Hz.) it is not the ideal equipment for a study like this, however. Knowing these limitations, we proceed as follows:

1. Install the ultrasonic bath and fill it with 800 ml. of tap water at room temperature.
2. Put 2 grams of PVC compound film and 50 ml. of solvent recovered in an Erlenmeyer flask and sonicate for thirty minutes. Once this time has elapsed, transfer the solvent with the extract to a flat-bottomed flask.
3. Add 50 ml of recovered solvent to the Erlenmeyer flask for another thirty minutes and then transfer to the same flat-bottomed flask mentioned in step 2.
4. Repeat steps three and four of the Soxhlet method.

3. RESULTS

The company uses anhydrous ethyl ether as a solvent for extracting plasticizers from PVC compounds. The use of this solvent entails considerable expense, so to reduce costs, this study used solvent recovered from previous extractions as a substitute for pure solvent. The study used gas chromatography and mass spectrometry to analyze the recovered solvent to ensure its purity. After the purity of the solvent was determined, the three different grade PVC compounds were submitted to the extraction process using the techniques mentioned above. The study used infrared spectroscopy (FTIR) and gas chromatography (GC) to analyze the plasticizer extracts and compare them to the plasticizer reference for each compound.

3.1 Recovered solvent effect analysis

During the last ten years, the company where the study was carried out has been using 99.99 % pure anhydrous ethyl ether as a solvent. The use of this solvent entails problems and concerns since it is highly flammable and expensive. For this reason, this study seeks to reduce the amount of solvent used by reusing it in future extractions. For the said reuse of the recovered solvent, it was necessary to carry out chromatographic analysis

using gas chromatography and gas chromatography coupled to mass spectrometry to determine the absence of components or residues of past extractions in the solvent.

3.2 Solvent analysis by gas chromatography

Gas chromatography is the scientific method used to confirm the presence or absence of a compound in a given sample. When we see a substance at first glance, it seems that all of it is made up of the same material. However, this is not necessarily the case. We can precisely determine the type of elements that make this substance up and the quantity of each in a given sample with this type of scientific analysis. Figure 1 shows the chromatograms of the pure and recovered anhydrous ethyl ether. The similarity between them stands out: the results showed that the pure anhydrous ethyl ether had 99.92 % purity, while the recovered solvent had a 99.91% purity. Approximately at the fourteenth minute, the recovered solvent chromatogram showed a small signal, equivalent to 0.00026% of the solvent. For this reason, the study deemed it as not significant.

Figure 1

Comparison of Pure Anhydrous Ethyl Ether vs Recovered by Gas Chromatography

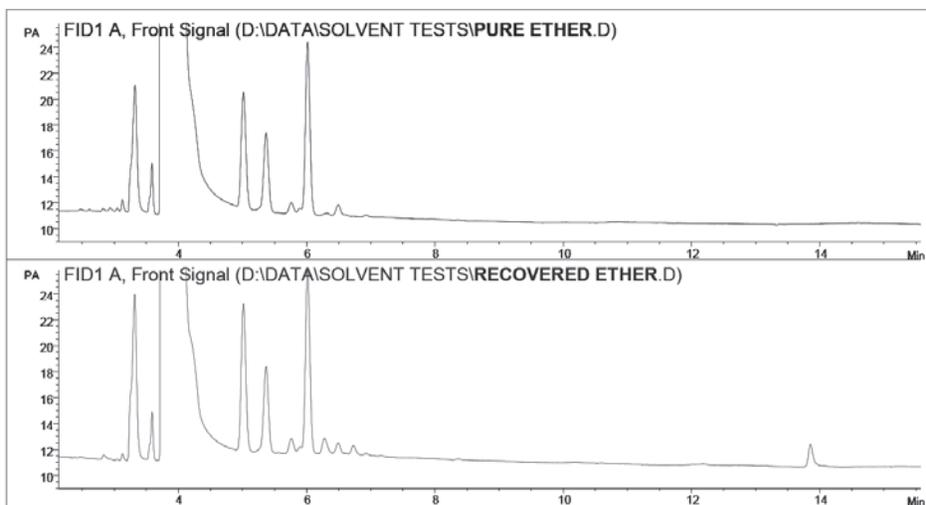
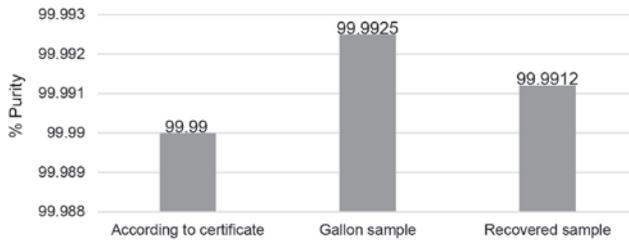


Figure 2 shows the purity of the pure and the recovered samples of solvent obtained by chromatography. Both of them have higher percentages of purity than that established by certification. This leads to the conclusion that both solvents comply with the specification of 99.99 % purity.

Figure 2

Comparison Pure Anhydrous Ethyl Ether vs Anhydrous Ethyl Ether Recovered by Chromatography



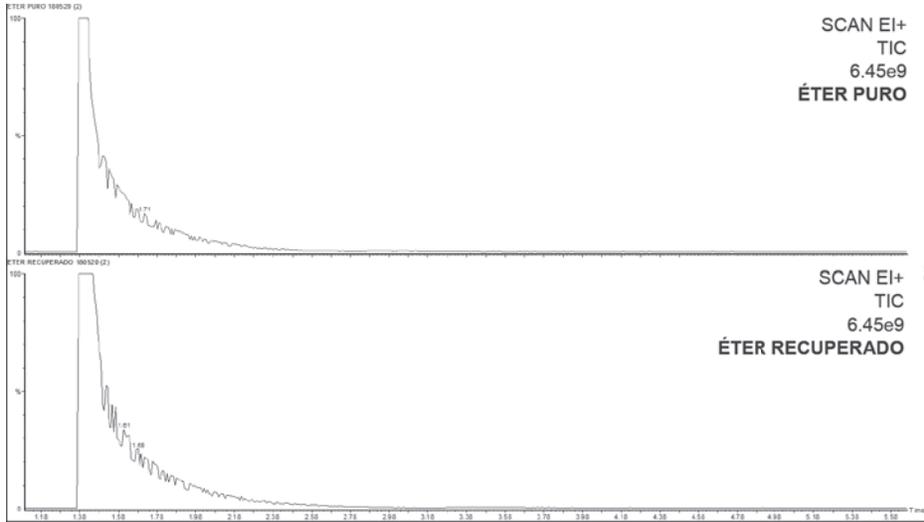
3.3 Solvent analysis by Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry

Gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC/MS) enables the separation, identification, and quantification of mixtures of volatile and semi-volatile substances. The separation of these substances depends on the different distribution of the substances studied between the mobile and stationary phases that make up the system. Once the substances are separated, they are fragmented, and their fragmentation pattern is analyzed and compared with information contained in a mass spectra database for their preliminary identification. Each substance's definitive identification and quantification is made using a reference substance (Universidad Veracruzana, 2019).

The GC-MS analysis of the pure and recovered solvent ensured the recovered solvent would not affect the efficiency of the plasticizer extractions. Figure 3 shows that there are no significant differences between the chromatograms of the pure and recovered solvents

Figure 3

Comparative chromatogram of pure Anhydrous Ethyl Ether vs Recovered Anhydrous Ethyl Ether obtained by Mass Spectrophotometer



3.4 Extraction of plasticizers by methods

The study consisted of five extractions of plasticizers from each of the three different grade PVC compounds, using the two methods mentioned before and comparing the actual and obtained content of plasticizers, as shown in Table 2.

Table 2

Results of Experimentation of Soxhlet and EAU Extraction methods

Degree type	Actual content of plasticizers by compound formula (%)	Plasticizer obtained by Soxhlet Extraction (%)	Plasticizer obtained by Ultrasound Assisted Extraction (UAE) (%)
Medical	43.68	43.26 Recovered: 99.04	42.34 Recovered: 96.94
Cable	20.72	21.23 Recovered: 102.43	19.96 Recovered: 96.30
Profiles for Windows	36.28	37.33 Recovered: 102.88	36.54 Recovered: 100.71

We determined the amount of extracted plasticizer in grams, measuring the initial and final weights of the receiving flask of both extraction systems (Equation 1). We then calculated the content of extracted plasticizer as a percentage (Equation 2) and, finally, used Equation 3 to determine the amount of extracted plasticizer vs. the amount contained in each formula.

Equation 1:

$$\text{Pounds of recovered plasticizer} = \text{final flask weight} - \text{initial flask weight} \quad (1)$$

Equation 2:

$$\text{Percentage of recovered plasticizer} = \frac{\text{pounds of recovered plasticizer} \times 100}{\text{initial weight of composite film}} \quad (2)$$

Equation 3:

$$\text{Plasticizer recovery percentage obtained from real formula} = \quad (3)$$

$$\frac{\text{percentage of plasticizer obtained} \times 100}{\text{Actual content of plasticizer in compound formulation}}$$

These results show that the UAE method did not extract all the plasticizers contained in the PVC compounds. In contrast, the Soxhlet method extracted all the plasticizers and an additional part of the liquid raw materials present in the compound formulae. Results are a consequence of the differences between the different compound grades. It is worth mentioning that each raw material has particular characteristics, and some show greater or lesser migration than others.

3.5 Analysis of Plasticizer Extracts by Analytical Equipment

3.5.1 Analysis of plasticizer extracts by Infrared Spectroscopy

We compared the plasticizer extracts of the medical (Figure 4), cable (Figure 5), and profile (Figure 6) grades of the PVC compounds obtained by both methods using infrared spectrometer equipment. When we compared the extracts obtained by both methods with the reference plasticizer of the compound formula, it was evident that there were no differences between them in the infrared spectra.

Figure 4

Comparison of liquid extracts of medical compound by FTIR

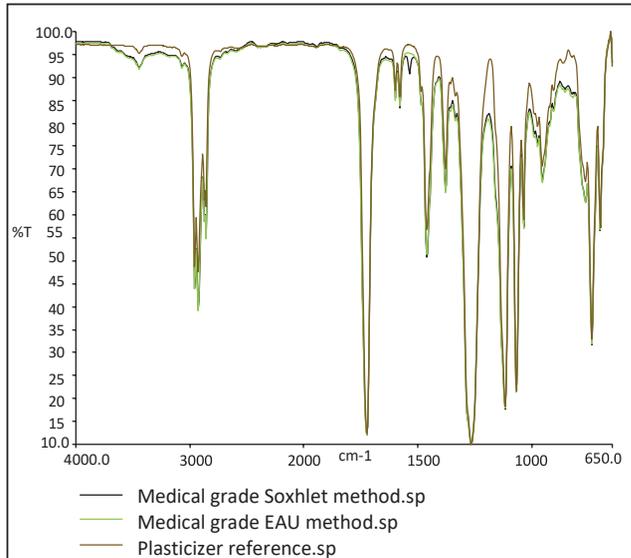


Figure 5

Comparison of liquid extracts of cable compound by FTIR

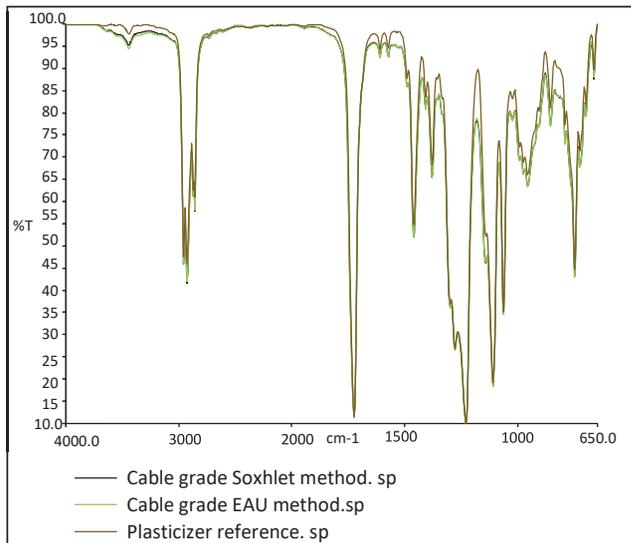
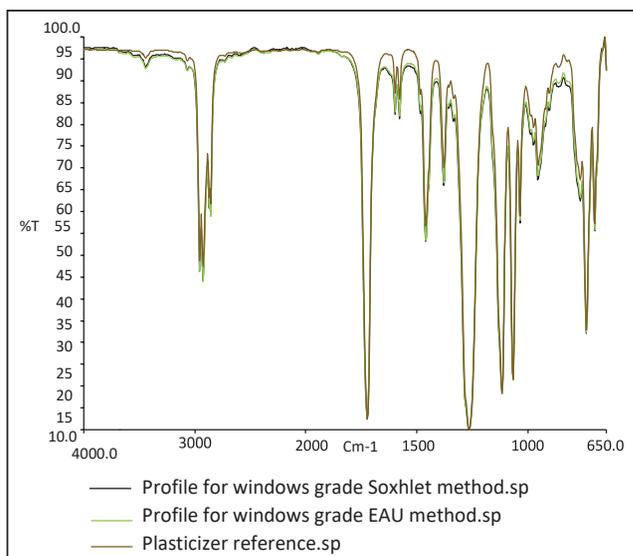


Figure 6

Comparison of liquid extracts of profile for windows grade compound by FTIR



For these analyses, we used a Perkin Elmer Fourier transform infrared spectrophotometer Spectrum 100 model at 16 scans in a range of 4,000 to 650 cm^{-1} with a resolution of 4.0 cm^{-1} using as a sampler a Pike Technologies ATR model MIRacle-ATR. The equipment had a certified calibration on February 19, 2020, valid for six months. The results correspond exclusively to the analyzed samples.

3.5.2 Analysis of plasticizer extracts by gas chromatography

We also analyzed the plasticizer extracts of the medical (Figure 7), cable (Figure 8), and profile (Figure 9) grades of the PVC compounds obtained by both methods using gas chromatography. The equipment used was an Agilent Technologies 7890°C with a 19095Z-423 column (300°C: 3m x 530 μm x 3 μm), which had a qualified calibration since November 21, 2019, with an expiration date of twelve months.

The chromatograms of the extracts show that there were no abnormal signals in the plasticizer obtained from the extraction process nor signals or traces of the use of the recovered solvent compared to the reference compound.

Figure 7

Comparative chromatogram of medical grade extracts vs plasticizer reference by Gas Chromatography

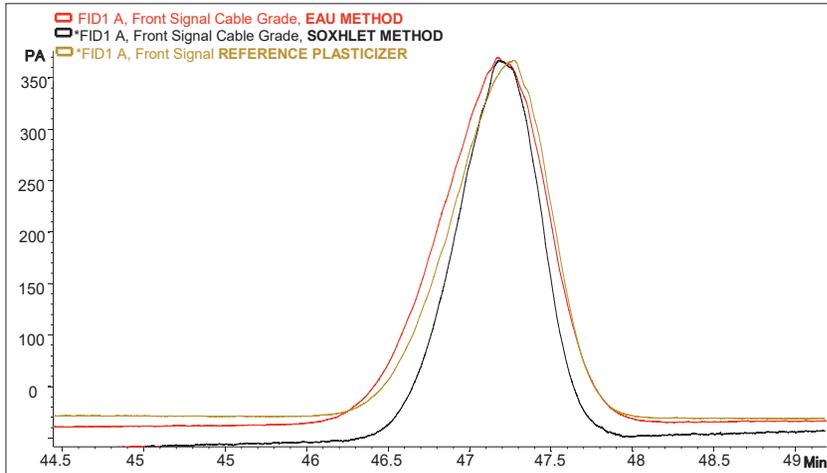


Figure 8

Comparative chromatogram of cable grade extracts vs plasticizer reference by Gas Chromatography

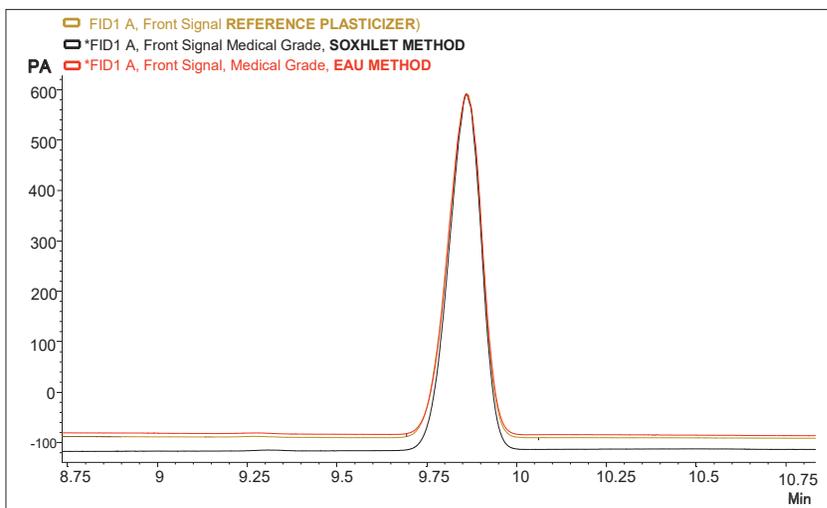
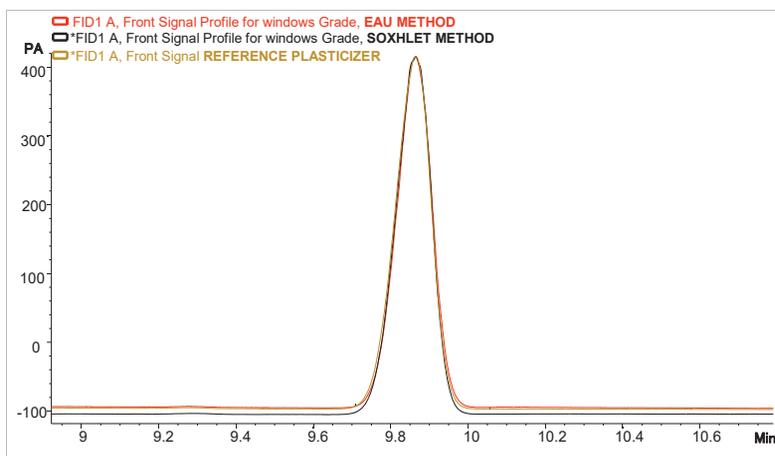


Figure 9

Comparative chromatogram of profile for windows grade extracts vs plasticizer reference by Gas Chromatography



3.6 Economic Impact Analysis

An economic impact analysis was also part of the study to determine the cost of each plasticizer extraction for both techniques. This part of the study considered the number of extraction processes carried out during 2019 as a base for an annual projection of the costs. In the case of the UAE method, 100 milliliters of solvent were used for each extraction process which took sixty minutes. In the case of the Soxhlet method, 150 milliliters of solvent were used for each extraction process which took three hundred and sixty minutes. For both techniques, the cost per gallon (3.78 liters) of pure anhydrous ethyl ether solvent was estimated at \$1656.00 Mexican pesos. Table 3 shows comparisons for both methods.

Table 3

Cost Comparison of Extraction Methods

	Soxhlet Extraction	Ultrasound Assisted Extraction
Milliliters of solvent used	150 ml	100 ml
Total, used solvent	23.25 liters	15.5 liters
Total solvent cost	\$10,510.00	\$6780.00
Invested worker days	117 days	20 days
Total labor	\$93,000	\$15,500.00
Total from solvent confinement	\$9,229.06	\$9,219.38
Total annual cost (with pure solvent)	\$112,739.26	\$31,500.15
Total annual cost (with solvent recovered)	\$93,000.00	\$15,500.00

During 2019 the company carried out 155 extractions using the Soxhlet method with an annual expense of \$112,739.26. With the use of recovered solvent for the same number of extractions, the annual cost would decrease to \$93,000.00. If the EAU method were to be used in the same number of extractions, the annual cost would be \$31,500.15. With the use of recovered solvent for this method, the annual cost would be even lower: \$15,500.00. These results signal the following benefits:

- The cost of pure solvent purchase per sample decreased by 64.52%.
- The cost of labor costs decreased by 83.3%.
- The total costs decrease by 72.05% by replacing the Soxhlet extraction method with the UAE method.
- Finally, the total cost of extraction decreased by 83.33% by using recovered solvent in the ultrasound-assisted extraction method.

4. CONCLUSIONS

- As a result of this study, we propose to replace the current Soxhlet extraction method with the ultrasound-assisted extraction method, both described by the Environmental Protection Agency.
- Extracting plasticizers from flexible PVC compounds using the UAE method yields a reduction of five hours per extraction and \$81,239.11 (Mexican pesos) in the annual cost (i.e., a decrease of 78.4%).
- For optimal plasticizer extraction using the UAE method, sonicate 50 ml of recovered solvent in a flask for 30 minutes. Remove the solvent and add another 50 ml of recovered solvent and sonicate for another 30 minutes.
- Compared to the current Soxhlet method, the UAE method offers similar amounts of plasticizer extraction, decreased process time, more effortless procedure, and versatile and reliable technology.
- Both extraction methods have good results; the difference lies in the ease, time, and costs involved in each method involves.
- The applicability of the proposed UAE method with solvent recovered by Gas Chromatography and Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry has been demonstrated, which would mean an 83.3% reduction in solvent costs.
- There is variability in the plasticizer recovery percentages of both methods. This is probably caused by the compatibilities of the plasticizer with the other raw materials that make up the compounds.

- The results obtained encourage future research for which we recommend the use of more powerful sonication equipment (200 W and 20 or 25 kHz).

REFERENCES

- Bandar, H., Hijazi, A., Rammal, H., Hachem, A., Saad, Z., & Badran, B. (2013). Techniques for the extraction of bioactive compounds from Lebanese *Urtica dioica*. *American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics*, 1(6), 507-513. <https://www.imedpub.com/articles/techniques-for-the-extraction-of-bioactivecompounds-from-lebanese-urtica-dioica.pdf>
- Boudhrioua, M. N., M'hiri, N., Ioannou, I., Paris, C., & Ghoul, M. (2016). Comparison of the efficiency of different extraction methods on antioxidants of maltase orange peel. *International Journal of Food and Nutritional Science*, 3(2), 1-13. <https://doi.org/10.15436/2377-0619.16.789>
- Briones-Labarca, V., Plaza-Morales, M., Giovagnoli-Vicuña, C., & Jamett, F. (2015). High hydrostatic pressure and ultrasound extractions of antioxidant compounds, sulforaphane and fatty acids from Chilean papaya (*Vasconcellea pubescens*) seeds: Effects of extraction conditions and methods. *LWT- Food Science and Technology*, 60(1), 525- 534. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.07.057>
- Bromberger, M., De Marsillac, L., & Peixoto, C. (2018). Green technologies for the extraction of bioactive compounds in fruits and vegetables. *CyTA - Journal of Food*, 16(1), 400-412. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1411978>
- Campo Vera, Y., Gélvez Ordoñez, V., & Ayala Aponte, A. (2018). Ultrasonido en el procesamiento (homogenización, extracción y secado) de alimentos. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 16(1), 102-113. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v16n1/1692-3561-bsaa-16-01-00102.pdf>
- Carciochi, R. A., D'Alessandro, L. G., Vauchel, P., Rodríguez, M. M., Nolasco, S. M., & Dimitrov, K. (2017). Valorization of agrifood by-products by extraction valuable bioactive compounds using green processes. En A. M. Grumezescu & A. M. Holban (Eds.), *Ingredients extraction by physicochemical methods in food* (pp. 191-228). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811521-3.00004-1>
- Chemat, F., Zill-e-Huma, Khan, M. K. (2011). Applications of ultrasound in food technology. Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4), 813-835. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.11.023>
- Corona, E., Martínez, N., Ruiz, H., & Carranza, J. (2016). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de semillas de chia (*Salvia hispanica L.*) y su actividad

- antioxidante. *Agrociencia*, 50 (4), 403-412. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1220>
- Dar, N. G., Hussain, A., Paracha, G. M., & Akhter, S. (2015). Evaluation of different techniques for extraction of antioxidants as bioactive compounds from citrus peels (industrial by-products). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 15(4), 676-682. [https://www.idosi.org/aejaes/jaes15\(4\)15/28.pdf](https://www.idosi.org/aejaes/jaes15(4)15/28.pdf)
- Jakobi, R. (2002). *Marketing and sales in the Chemical industry* (2^a ed.). Wiley-VCH.
- Khan, M. K., Abert-Vian, M., Fabiano-Tixier, A.-S., Dangles, O., & Chemat, F. (2010). Ultrasound-assisted extraction of polyphenols (flavanone glycosides) from orange (*Citrus sinensis* L.) peel. *Food Chemistry*, 119(2), 851-858. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.046>
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V. & Lee, D.-U. (2004). Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science & Technology*, 15(5), 261-266. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.12.001>
- Lucena, N. (2019). Extracción de productos naturales asistida por ultrasonidos. [Trabajo de fin de grado, Universidad de Jaén, Escuela Politécnica Superior de Linares, Ingeniería Química Industrial. <https://hdl.handle.net/10953.1/10191>
- Mariano (2011, 6 de junio). PVC. *Tecnología de los plásticos*. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/pvc.html>
- Mason, T. J., Paniwnyk, L., & Lorimer, J. P. (1996). The uses of ultrasound in food technology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 3(3), 253-260. [https://doi.org/10.1016/S1350-4177\(96\)00034-X](https://doi.org/10.1016/S1350-4177(96)00034-X)
- Peredo, H. A., Palou, E., & López, A. (2009). Aceites esenciales: métodos de extracción. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 3(1), 24-32. [https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-1/TSA-3\(1\)-Peredo-Luna-et-al-2009.pdf](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-1/TSA-3(1)-Peredo-Luna-et-al-2009.pdf)
- Shirsath, S. R., Sable, S. S., Gaikwad, S. G., Sonawane, S. H., Saini, D. R., & Gogate, P. R. (2017). Intensification of extraction of curcumin from *Curcuma amada* using ultrasound assisted approach: Effect of different operating parameters. *Ultrasonics Sonochemistry*, 38, 437-445. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.03.040>
- Spinella, M. E., Fernández, M. B., Nolasco, S. M., & Figueiredo, A. K. (2015, 2-5 de agosto). Extracción de aceite asistida por ultrasonido de granos de girasol alto esteárico alto oleico. VIII Congreso Argentino de Ingeniería Química. http://www.aaig.org.ar/SCongresos/docs/06_029/papers/05a/05a_1816_159.pdf
- Universidad Pablo de Olavide (2004). *Determinación del contenido graso de leche en polvo: Extracción Soxhlet*. Recuperado el 12 julio de 2021 de https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/curso0405/TAQP5_0405.pdf

- Ulloa, J. A., Rosas, P., Ramírez, J. C., & Ulloa, B. E. (2013). Ultrasonido: aplicaciones en el campo de los alimentos. *Nueva época*, (14), 1-12. <https://mega.nz/file/wVR1UQrA#L3vDTxn5brRhJYRw6gZYqgeVr1R2u4leWTU8bhFAZHM>
- United States Environmental Protection Agency (1996). *Method 3540C: Soxhlet extraction*. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/3540c.pdf>
- United States Environmental Protection Agency (2007a). *Method 3500C: organic extraction and sample preparation*. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/3500c.pdf>
- United States Environmental Protection Agency (2007b). *Method 3550C: Ultrasonic extraction*. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/3550c.pdf>
- Universidad Veracruzana. (s.f.). *Cromatografía de Gases / Espectrometría de Masas (GC/MS)*. Universidad Veracruzana. Recuperado el 30 de octubre de 2020, de <https://www.uv.mx/sara/facilidades/gcms/>
- Wong-Paz, J. E., Muñoz, D. B., Martínez, G. C. G., Belmares, R. E., & Aguilar, C. N. (2015). Ultrasound-assisted extraction of polyphenols from native plants in the Mexican desert. *Ultrasonics Sonochemistry*, 22, 474-481. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2014.06.001>
- Zhang, Z.-S., Wang, L.-J., Li, D., Jiao, S.-S., Chen, X. D., & Mao, Z.-H. (2008). Ultrasound-assisted extraction of oil from flaxseed. *Separation and Purification Technology*, 62, 192-198. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2008.01.014>

UTILIZACIÓN DE VIDEOJUEGOS EN LA INDUSTRIA Y EN LA EDUCACIÓN

HERNAN QUINTANA-CRUZ*

<https://orcid.org/0000-0002-7037-4302>

Universidad de Lima, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Lima, Perú

Recibido: 31 de mayo del 2021 / Aprobado: 7 de julio del 2021

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n42.5866>

RESUMEN: Los videojuegos son productos digitales que se vienen aplicando en diversos contextos que no son necesariamente lúdicos dado que contienen características que permiten la mejora de diversas habilidades de parte de los videojugadores. En el presente artículo se realiza una revisión de las tendencias en la aplicación de videojuegos en la industria y en la educación, tomando como marco el modelo MDA (Mechanics, Dynamics y Aesthetics), así como se revisan algunas definiciones de conceptos necesarios para el entendimiento y análisis de estos productos digitales. Al final, se concluye en la importancia de los videojuegos por su capacidad de generar motivación y enfoque, por lo que su aplicación en entornos distintos a los de entretenimiento generaría muchos beneficios.

PALABRAS CLAVE: videojuegos / juegos serios / gamificación / educación interactiva

USE OF VIDEO GAMES IN INDUSTRY AND EDUCATION

ABSTRACT: Video games are digital products used in different contexts, not necessarily in those of play, because they have characteristics that allow the improvement of many of the videogamers' skills. This article reviews the trends in the use of video games in industrial and in educational contexts. It also presents some definitions of necessary concepts that will provide us with a better understanding of these digital products. It concludes that video games are important tools due to their ability to generate motivation and engagement, so their application in contexts other than entertainment would be beneficial

KEYWORDS: videogames / serious gaming / gamification / interactive education

* Correo electrónico: hquintan@ulima.edu.pe

1. INTRODUCCIÓN

Los videojuegos son productos digitales que se vienen utilizando desde hace muchos años como medios de entretenimiento para niños, jóvenes e inclusive adultos. El tamaño del mercado de videojuegos en el mundo para el 2023 será de 200.8 mil millones de dólares (Statista, 2021), esto marca una diferencia sustancial con el tamaño de mercado global de otra industria de entretenimiento, como el cine, que fue de 42.2 mil millones de dólares durante el año 2019, prepandemia (Loria, 2020).

Si bien es innegable la importancia de los videojuegos dentro del sector de entretenimiento, también se han realizado diversas investigaciones que sugieren que su uso no solamente se restringa a ámbitos lúdicos, sino que también puedan ser utilizados en otros contextos como la educación e inclusive la industria.

Muchas veces los videojuegos han generado muchas críticas, especialmente orientadas a la excesiva violencia de algunos. Se ha encontrado que los juegos violentos generan mejoras sustanciales en las habilidades espaciales de los jugadores, además de no encontrar ningún efecto en el fomento de comportamientos agresivos (Ferguson, 2007). Esto ha sido aplicado con éxito por diversos productos digitales como, por ejemplo, los que se enfocan a entrenar personal militar (South, 2018) o también para entrenar a miembros de una organización empresarial en gestión de procesos de negocio (Khorram et al., 2021).

El siguiente artículo se encargará de hacer una revisión de las tendencias actuales en el uso de los videojuegos con fines no solamente lúdicos. Se comenzará planteando definiciones de lo que son los juegos de manera genérica, así como aproximar una definición académica de un videojuego que pueda servir de punto inicial para una teoría estructurada. Finalmente se mostrarán algunas aplicaciones de los videojuegos en contextos distintos al del entretenimiento, finalizando con algunas conclusiones a las que se llegaron durante la realización del presente artículo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los juegos son parte integral de las actividades de entretenimiento disponibles en la sociedad actual, esto desde hace mucho tiempo. Se tienen registros de la existencia de juegos desde épocas antiguas, cuya evidencia se remonta a 5000 años, en Siirt, provincia de Turquía, donde se encontró una tumba de dos niños de 12 años con piezas de piedra pequeñas con formas de animales que sugieren ser piezas de un juego (Lorenci, 2013). En el antiguo Perú también se presume de la existencia de juegos. Las aylloscas era un juego de apuestas que practicaban las élites del imperio incaico donde apostaban sus pertenencias hasta incluso sus propiedades (Somervill, 2009). Lamentablemente no se tiene mucha información de este juego, dado que con el tiempo se han perdido sus reglas.

A pesar de que los juegos se encuentran presentes en la cultura de la humanidad desde hace muchos años, solo recientemente se ha intentado estructurar el conocimiento sobre estos para así poder realizar distintos proyectos de investigación sobre las partes que hacen un juego, así como el impacto de estos en la sociedad.

Una definición conceptual de juego nos la da Salen y Zimmerman, indicando que es “una actividad interactiva voluntaria, en la cual uno o más jugadores siguen reglas que limitan su comportamiento, generando un conflicto artificial que terminará con un resultado cuantificable” (Salen & Zimmerman, 2003, p. 93). Como se indica en esta definición, es importante resaltar la importancia de las reglas, el conflicto artificial y los resultados cuantificables. Por otro lado, Juul (2005) nos indica que los juegos cuentan con cinco características principales: sistema formal basado en reglas, resultados variables y cuantificables, diferentes valores para diferentes resultados, resultados influenciados por la *performance* del jugador, jugadores que se sienten emocionalmente cercanos al resultado obtenido y a las actividades que son negociables. Estas dos definiciones resaltan tres puntos importantes: la existencia de reglas, un conflicto artificial, así como resultados cuantificables.

En cuanto a la existencia de reglas, estas permiten el transcurrir correcto del juego, así como el planteamiento de los límites en el mundo de este (lo que el jugador puede o no puede hacer). El conflicto artificial permite la generación de la motivación por parte de los jugadores para poder conseguir el objetivo que será el resultado cuantificable final.

Existe una definición adicional dada por Klopfer et al. (2009) que añade la posibilidad de comparación entre los jugadores como un refuerzo adicional a la capacidad de motivación de los juegos.

Los videojuegos son parte de una categoría especial dentro del rubro de los juegos. Un videojuego se puede jugar gracias a un artefacto audiovisual y que puede estar basado en una narrativa (Esposito, 2005). El equipo audiovisual permite la interacción del ser humano con el juego, ya sea mediante dispositivos de entrada (teclados, *mouse*, *joystick*, sensores, etc.) así como dispositivos de salida como pueden ser las pantallas y parlantes (Esposito, 2005).

Si bien es cierto, existen juegos que no cuentan con una narrativa o historia, como por ejemplo Tetris (1985) y Pong (1972), la complejidad creciente de los juegos de video que va de la mano de los avances tecnológicos de los aparatos audiovisuales, hace que cada vez más sea frecuente el uso de una historia que permita incrementar el nivel de compromiso y las horas de juego del videojugador.

Esto ha ocasionado que se intente estudiar a los videojuegos desde el punto de vista de las ciencias audiovisuales y tratarlos como piezas de contenido. El problema de este enfoque es que desestima la característica central de los juegos que es el juego en sí,

implementada por medio de las mecánicas de juego, que dan el marco (reglas) del juego (Esposito, 2005).

El término “gamificación” en los últimos años se ha utilizado de manera indistinta para clasificar a los juegos que se aplican en contextos distintos al entretenimiento. Hacer gamificación no es realizar juegos, sino aplicar estrategias y técnicas que se utilizan en los juegos, pero en contextos no lúdicos (Ramírez, 2020). Esta definición permite plantear una clara diferencia con los videojuegos, cuyo principal objetivo es el entretenimiento.

Los elementos de los juegos son los componentes que permiten que estos puedan conseguir sus objetivos. Una de las estrategias de la gamificación es poder utilizar muchos de estos elementos que los juegos suelen proponer.

Si bien es cierto, es complicado poder diferenciar el uso de elementos en los juegos y elementos de gamificación, se ha podido establecer los siguientes componentes: representación del jugador mediante avatares, narrativa para situar el contexto, *feedback*, reputaciones, *rankings*, niveles, mercados, equipos y presión de tiempos (Deterding et al., 2011).

El uso de avatares es bastante frecuente en los juegos de acción y de rol, pero no en todas las categorías de juegos. El término “avatar” viene del sánscrito y se refiere a la manifestación de una deidad en una forma humana. Estos permiten cierto nivel de anonimidad por parte de los participantes y de poder representar algunas de sus características de una forma visual.

La narrativa también es parte importante de los juegos ya que lo dotan de un sentido que puede impactar en el nivel de motivación y de inmersión por parte de los jugadores.

Los otros elementos como podrían ser el uso de *rankings* o *leaderboards*, *feedback* mediante notificaciones, puntajes, permiten insertar mecánicas de competencia en las actividades gamificadas, estimulando la mejora continua de los participantes, así como también el trabajo en equipo, cuando estas actividades se realizan en entornos grupales.

A diferencia de las actividades gamificadas, los juegos serios sí tienen como objetivo el entretenimiento, además de objetivos complementarios que están relacionados al contexto donde se quieran aplicar. Esta es una diferencia sustancial, ya que permite definir expectativas y objetivos correctos y alcanzables, así como una correcta estrategia para la implementación de estas actividades.

Por ejemplo, en caso de utilizar estrategias de gamificación, se pueden utilizar herramientas que permitan implementar algunos de los elementos que describimos anteriormente. El uso de estos elementos marcará los objetivos que se desean conseguir. Por ejemplo, al utilizar el elemento de *leaderboard* o *ranking*, lo que buscamos es fomentar la competitividad entre los participantes, lo que permitirá la consecución de un objetivo de la institución que lo aplica.

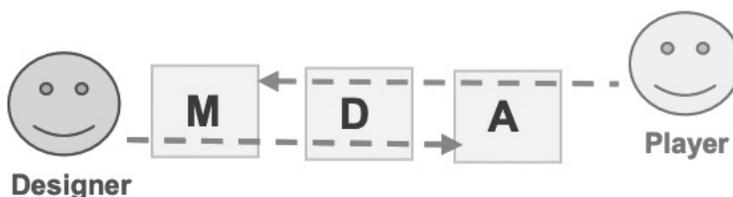
En el campo de los videojuegos, es muy complicado realizar un análisis estructurado en base a componentes teóricos, esto debido a la naturaleza empírica de este tipo de *software*. En los últimos años se han planteado marcos de trabajo orientados al diseño de videojuegos, uno de los más utilizados es el MDA (Mechanics, Dynamics y Aesthetic) (Hunicke et al., 2004).

MDA es un enfoque formal de la comprensión de juegos, que pretende unir el diseño de un videojuego con su implementación (Hunicke et al., 2004). Este marco de trabajo permite definir componentes de diseño que se encargan de modelar las distintas partes del juego, así como la respuesta del jugador a estos componentes.

Los componentes de un videojuego pueden ser divididos en 3 grupos: las mecánicas, que describen componentes a nivel de representación de datos y algoritmos, las dinámicas que muestran el comportamiento de la ejecución de las mecánicas debido a la interacción del jugador con el juego y la estética que describe la respuesta emocional del jugador cuando interactúa con los sistemas del juegos (Hunicke et al., 2004).

Figura 1

Marco de trabajo MDA desde la perspectiva del diseñador y del jugador



Nota. De "MDA: A formal approach to game design and game research", por R. Hunicke, M. LeBlanc y R. Zubek, 2004, AAAI Workshop - Technical Report 1.

Teniendo este marco de trabajo, es factible poder discutir el impacto de un videojuego en los jugadores mediante el análisis de las dinámicas que conllevan a estos comportamientos, y si uno quisiera explicar cómo han sido construidas las dinámicas, se podrá explicar mediante la utilización de las mecánicas del juego.

3. RESULTADOS

Uno de los campos donde más se aplican los juegos es en la educación. A diferencia de los juegos cuyo objetivo es el entretenimiento, los juegos serios están diseñados con fines educativos. En estos tipos de juegos, los jugadores cultivan su conocimiento y mejoran sus calificaciones mediante el cumplimiento de numerosas metas, donde requieren poner en práctica ciertas habilidades. En caso que los jugadores cumplan con

las metas, estos serán retribuidos con premios que pueden ser mediante mecánicas de *scores*, dinero virtual para realizar compras dentro del juego, así como mejoras en el personaje y sus poderes (Zhonggen, 2019).

Teorías modernas para un aprendizaje efectivo sugieren que este debe ser activo, experimental, enmarcado, orientado a problemas y proveer *feedback* inmediato (Boyle, Connolly & Hainey, 2011). Estas características están alineadas a lo que ofrecen los videojuegos.

Para poder diseñar un videojuego serio se deben de tomar en cuenta los siguientes factores que influenciarán la recepción del videojuego (Zhonggen, 2019): la usabilidad, relaciones entre los atributos de aprendizaje y mecánicas del juego, realismo e inmersión y adaptabilidad.

La usabilidad del videojuego es un factor influyente. El videojuego deberá de ser percibido como útil para el jugador, así como sencillo de utilizar y las reglas y mecánicas deben ser sencillas de comprender.

También se deben de establecer relaciones claras entre los atributos de aprendizaje, en el que se desea enfocar, con las mecánicas del juego. Por ejemplo, una mecánica muy popular en los videojuegos es el de conseguir puntos de experiencia luego de haber completado alguna tarea. Estos puntos de aprendizaje pueden ser utilizados posteriormente para mejorar las habilidades del jugador o poder canjearlos por armas o ítems. Las tareas a realizar para ganar estos puntos de experiencia deben estar orientadas a un atributo de aprendizaje específico.

Otro factor importante es el "realismo" que el juego pueda entregar a sus jugadores. Si bien es cierto, mucho de los juegos pueden no encontrarse dentro de un contexto real, este sí tiene que estar situado en un mundo verosímil y entendible para el jugador. Dentro de este concepto de "realismo" está la manera como los jugadores pueden quedar inmersos en la jugabilidad. Este concepto ha probado ser útil en los juegos serios, aumentando el *engagement* por parte de los estudiantes (Cheng et al., 2017).

La adaptabilidad de los juegos también es un factor fundamental en el contexto educativo. No todos los estudiantes tienen el mismo nivel en el tópico estudiado, por lo que es necesario que el videojuego deba adaptarse a las necesidades de aprendizaje (Streicher & Smeddinck, 2016). Esto se puede implementar de distintas formas: desde la forma más simple con la preconfiguración de parámetros hasta técnicas más sofisticadas de aprendizaje máquina para lograr una mejor adaptabilidad con el jugador.

Figura 2

Dinámica de navegabilidad siguiendo esquema rogue-like así como la dinámica de definir los movimientos mediante código



Nota. De "CodeCombat: Learn to code through the power of play", por CodeCombat, 2021, (<https://codecombat.com/>).

Figura 3

Dinámica de completión de retos que otorgan puntos de experiencia



Nota. De "CodeCombat: Learn to code through the power of play", por CodeCombat, 2021, (<https://codecombat.com/>).

El juego CodeCombat (CodeCombat, 2021) es un juego orientado a enseñar técnicas y lenguajes de programación a niños en edad infantil. Esta herramienta, mediante un conjunto de retos enmarcado en una narrativa, permite un nivel de inmersión con el personaje, lo que mejora la recepción y la motivación con los objetivos del juego.

Realizando un análisis dentro del marco MDA (Mechanics, Dynamics y Aesthetics), este videojuego trata de generar, principalmente, dos sensaciones en el jugador, tomadas de la taxonomía sugerida por Hunicke et al. (2004): fantasía y reto.

La estética (*aesthetic*) de fantasía se ve generada por la dinámica de la narrativa y gráfica del videojuego. Este se enmarca en una historia donde el personaje toma el papel de héroe. Además, la navegación del juego está enmarcada en una dinámica similar a los juegos *rogue-like*. Estos juegos presentan las mecánicas de ser de un solo jugador, normalmente basados en turnos y ambientes (escenarios) aleatorios. Estos escenarios suelen ser mazmorras y tener enemigos que sirven como obstáculos para conseguir el objetivo del escenario (Cerny & Dechterenko, 2015).

En cuanto al reto que genera en el jugador, las dinámicas que logran esto son las que nos permiten resolver problemas o *puzzles* indicando los pasos a realizar mediante instrucciones de un lenguaje de programación. Al poder concluir el puzle, el jugador será acreedor de puntos de experiencia, que posteriormente le permitirá desbloquear nuevas habilidades y nuevas funcionalidades dentro del juego.

Los juegos serios también se han utilizado con frecuencia en diversos sectores económicos. Ya muchas empresas en la actualidad ofrecen la gamificación como parte de su capa de servicios de *software* hacia sus clientes. Esto normalmente lo realizan en forma de programas de incentivos, sistemas de reputación, insignias, niveles y *leaderboards* (Deterding et al., 2011). También existen casos del uso de los juegos serios a nivel empresarial e industrial. A continuación, se resaltan dos casos del uso de los juegos serios: uno en el ámbito de la contratación de proveedores en el sector público y otro como una herramienta de *assessment* para contrataciones en puestos gerenciales.

Uno de los grandes problemas de los contratos del sector público para la realización de obras es la correcta coordinación entre todas las empresas proveedoras. Tomando como caso experimental el mantenimiento de carreteras en una ciudad, se realizó un juego serio para poder modelar el comportamiento de los distintos participantes (Scharpff et al., 2021).

En la contratación de proveedores para el mantenimiento de carreteras se toma mucha importancia no solo a la *performance* interna de un proveedor encargado (cumplimiento de tiempo, impacto en el tráfico en su zona de obra), sino también la *performance* externa. Esta *performance* externa puede estar causada por el impacto de los trabajos con otros trabajos paralelos que se están realizando por otros proveedores (Scharpff et al., 2021). El reto en

estos casos es que todos los proveedores puedan ejecutar sus trabajos de forma óptima bajo acuerdos multilaterales (Bresnen & Marshall, 2000).

Una de las estrategias para llegar a estos acuerdos multilaterales es el uso de incentivos económicos. Estos incentivos si bien es cierto han sido estudiados ampliamente (Klijn et al., 2010; van Bueren et al., 2003) su efectividad no ha sido probada de forma experimental, por lo que un juego serio es una perfecta manera de realizar una investigación en un ambiente simulado y cerrado, sin el costo ni las consecuencias de una prueba en el mundo real (Meijer et al., 2012; Calderón & Ruiz, 2015).

A través de la aplicación del juego serio, se concluye que existen diferencias en la toma de decisiones basadas en estímulos monetarios y las que no. Se encontró que los jugadores que usaron incentivos monetarios tenían un estilo de juego orientado a las ganancias, lo que llevó a un cambio en el comportamiento de los actores que se autorregularon para que la red tuviese una mejor *performance* (Scharpf et al., 2021).

Otro tipo de utilización de juegos es como herramienta para el reclutamiento efectivo de personal calificado en las empresas. Para poder seleccionar personal, una de las técnicas más utilizadas y que mejores resultados han dado es la realización de pruebas de *assessment*. Mientras que los candidatos estén menos al tanto de que están siendo evaluados, se obtendrán mejores resultados debido a que se disminuirá la ansiedad por la prueba, así como sesgos por parte del evaluador (Fetzer, 2015; Kato & de Klerk, 2017; Shute et al., 2016). El uso de los videojuegos puede llegar a que los videojugadores tengan un nivel de inmersión tal que estos se puedan utilizar como herramientas para *assessment*.

Para esta investigación se utilizó el juego Sid Meier's Civilization VI como herramienta de *assessment* para poder medir la efectividad en los procesos de elección de profesionales en puestos de gerencia (Simons et al., 2020).

El juego Civilization VI es un videojuego que permite construir una civilización desde el inicio con el objetivo de poder asentarse y sobreponerse a otras civilizaciones. Para esto, el juego cuenta con distintas dinámicas que van desde un sistema de construcción de unidades, investigación de nuevas tecnologías, administración de la productividad de ciudades, sistema de influencia en base a la cultura y religión de una civilización, etc. Estas dinámicas generan los siguientes efectos en los jugadores: compañerismo (*fellowship*), dado que se tiene que competir con otras civilizaciones dirigidas por otros participantes; reto (*challenge*), dado que se busca como objetivo lograr las victorias definidas en el juego, y descubrimiento (*discovery*), dado que en un inicio se cuenta con una cantidad de recursos limitados y mediante la dinámica de la exploración del mundo podrá conseguir más y poder gestionarlos de la mejor manera. Estos efectos generan un marco donde varias habilidades gerenciales pueden ser desarrolladas y practicadas en un ambiente virtual.

Figura 4

Pantalla de gestión productiva de ciudades



Nota. De Sid Meier's Civilization VI [Videojuego], por Firaxis Games, 2016, 2K Games (<https://www.civilization.com>).

Las distintas mecánicas de los juegos de estrategia como Civilization VI pueden ser un indicativo de ciertas características analíticas de los individuos como son la organización, el planeamiento y la toma de decisiones, así como también de ciertos atributos como negociación y comunicación interpersonal (Arthur et al., 2003).

Simons et al. (2020) comparan el uso del videojuego junto con los resultados de pruebas y entrevistas de *assessments* realizadas por expertos, denotando que los resultados de los participantes con mejores puntajes se correlacionaban con los resultados de las pruebas de *assessments* realizadas por profesionales, indicando la pertinencia del uso de este videojuego como herramienta que complementa el proceso de contratación de personal calificado para posiciones gerenciales.

4. CONCLUSIONES

Los videojuegos cada vez más se encuentran presentes en la vida cotidiana de las personas. Durante el mes inicial de la pandemia del COVID-19, donde comenzaron los encierros, se tuvo un crecimiento de las ventas mundiales de 63 % (Statista, 2021a). Esta tendencia hizo que las personas se acercaran más a los juegos como medio de alivio del estrés, además como medio de socialización virtual.

Aprovechar esta familiaridad con estos productos tecnológicos del público, incluso tomando en cuenta sus efectos en los jugadores, se ha vuelto un campo de estudio principal dentro de diversos sectores como la educación y la empresa.

Es muy frecuente la utilización de técnicas de gamificación en las empresas, a comparación del uso de juegos serios como herramientas de sus procesos de negocios. Aún así existen investigaciones que sugieren que la utilización de estos juegos complementa otras herramientas que permiten cumplir con los efectos deseados.

REFERENCIAS

- Arthur W., Jr., Day, E. A., McNelly, T. L., & Edens, P. S. (2006). A meta-analysis of the criterion-related validity of assessment center dimensions. *Personnel Psychology*, 56(1), 125-154. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.2003.tb00146.x>
- Boyle, E., Connolly, T. M., & Hailey, T. (2011). The role of psychology in understanding the impact of computer games. *Entertainment Computing*, 2(2), 69-74. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2010.12.002>
- Bresnen, M., & Marshall, N. (2000). Motivation, commitment and the use of incentives in partnerships and alliances. *Construction Management and Economics*, 18(5), 587-598. <https://doi.org/10.1080/014461900407392>
- Calderón, A., & Ruiz, M. (2015). A systematic literature review on serious games evaluation: An application to software project management. *Computers & Education*, 87, 396-422. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.011>
- Cerny, V., & Dechterenko, F. (2015). Rogue-like games as a playground for artificial intelligence – Evolutionary approach. En K. Choriantopoulos, M. Divitini, J. Baalsrud Hauge, L. Jaccheri, R. Malaka (Eds.), *Entertainment Computing - ICEC 2015*. 9353 (pp. 261-271), Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24589-8>
- Cheng, M.-T., Lin, Y.-W., She, H.-C., & Kuo, P.-C. (2017). Is immersion of any value? Whether, and to what extent, game immersion experience during serious gaming affects science learning. *British Journal of Educational Technology*, 48(2), 246-263. <https://doi.org/10.1111/bjet.12386>
- CodeCombat. (2021). CodeCombat: Learn to code through the power of play. <https://codecombat.com/>
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011, 9-15 de septiembre). From game design elements to gamefulness: Defining “gamification” [Conferencia]. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, MindTrek 2011*. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>

- Esposito, N. (2005). A short and simple definition of what a videogame is. *DiGRA '05 - Proceedings of the 2005 DiGRA International Conference: Changing Views - Worlds in Play*.
- Ferguson, C. J. (2007). The good, the bad and the ugly: a meta-analytic review of positive and negative effects of violent video games. *Psychiatric Quarterly*, 78(4), 309-316. <https://doi.org/10.1007/s11126-007-9056-9>
- Fetzer M. (2015). Serious games for talent selection and development. *The Industrial-Organizational Psychologist*, 52(3), 117-125.
- Firaxis Games. (2016). *Sid Meier's Civilization VI* [Videojuego]. 2K Games. <https://www.civilization.com>
- Hunicke, R. LeBlanc, M., & Zubek R. (2004). MDA: A formal approach to game design and game research. *AAAI Workshop - Technical Report 1*.
- Juul, J. (2005). *Half-Real: Video games between real rules and fictional worlds*. The MIT Press.
- Kato, P. M., & de Klerk, S. (2017). Serious games for assessment: Welcome to the jungle. *Journal of Applied Testing Technology*, 18(1),1-6.
- Khorram, F., Taromirad, M., & Ramsin, R. (2021). SeGa4Biz: Model-Driven framework for developing serious games for business processes. *Proceedings of the 9th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development - MODELSWARD*, 139-146. <https://doi.org/10.5220/0010198801390146>
- Klijin, E.-H., Edelenbos, J., & Steijn, B. (2010). Trust in governance networks: Its impacts on outcomes. *Administration & Society*, 42(2), 193-221. <https://doi.org/10.1177/0095399710362716>
- Klopper, E., Osterweil, S., & Salen, K. (2009). *Moving learning games forward*.
- Lorenci, M. (2013, 19 de agosto). Hallan en Turquía el juego de mesa más antiguo de la humanidad. *La Voz de Galicia*. <https://www.lavozdegalicia.es/noticia/cultura/2013/08/19/hallan-turquia-juego-mesa-antiguo-humanidad/00031376931663307464333.htm>
- Loria, D. (2020, 11 de marzo). MPA: 2019 Global Box Office and Home Entertainment Surpasses \$100 Billion. *Boxoffice*. <https://www.boxofficepro.com/mpa-2019-global-box-office-and-home-entertainment-surpasses-100-billion/>
- Meijer, S. A., Mayer, I. S., van Luipen, J., & Weitenberg, N. (2012). Gaming rail cargo management: exploring and validating alternative modes of organization. *Simulation & Gaming*, 43(1), 85-101. <https://doi.org/10.1177/1046878110382161>

- MPA: 2019 Global Box Office and Home Entertainment Surpasses \$100 Billion. (2020, 19 de marzo). Boxoffice. <https://www.boxofficepro.com/mpa-2019-global-box-office-and-home-entertainment-surpasses-100-billion/>
- Ramírez C. José Luis. (2020). *Gamificación: Mecánicas de juegos en tu vida personal Y profesional*. Sclibro, Servicio Comercial del Libro.
- Salen, K. S., & Zimmerman, E. (2003). *Rules of play: Game design fundamentals*. The MIT Press.
- Scharpff, J., Schraven, D., Volker, L., Spaan, M. T. J., & de Weerd, M. M. (2021). Can multiple contractors self-regulate their joint service delivery? A serious gaming experiment on road maintenance planning. *Construction Management and Economics*, 39(2), 99-116. <https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1806336>
- Shute, V. J., Wang, L., Greiff, S., Zhao, W., & Moore, G. (2016). Measuring problem solving skills via stealth assessment in an engaging video game. *Computers in Human Behavior*, 63, 106-117. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.047>
- Simons, A., Wohlgenannt, I., Weinmann, M., & Fleischer, S. (2020). Good gamers, good managers? A proof-of-concept study with *Sid Meier's Civilization*. *Review of Managerial Science*, 15, 957-990. <https://doi.org/10.1007/s11846-020-00378-0>
- Somervill, B. A. (2009). *Empire of the Incas*. Chelsea House Pub.
- South, T. (2018, 16 de marzo). Marines can use these goggles to turn parking lots into firing ranges. *Marine Corps Times*. <https://www.marinecorpstimes.com/news/your-marine-corps/2018/03/16/marines-can-use-these-goggles-to-turn-parking-lots-into-firing-ranges/>
- Snow, S. (2019, 6 de noviembre). The Corps authorized Marines to play a special version of Doom in the late 90s to help train for combat. *Marine Corps Times*. <https://www.marinecorpstimes.com/news/your-marine-corps/2019/11/06/the-corps-authorized-marines-to-play-a-special-version-of-doom-in-the-late-90s-to-help-train-for-combat/>
- Statista. (2021a, 29 de enero). COVID-19: global video game sales increase as of March 2020. <https://www.statista.com/statistics/1109977/video-game-sales-covid/>
- Statista. (2021b, 29 de enero). Gaming market value worldwide 2012-2023.
- Statista. (2021c, 23 de noviembre). Video gaming market size worldwide 2020-2025. <https://www.statista.com/statistics/292056/video-game-market-value-worldwide/>

- Streicher, A., & Smeddinck, J. D. (2016). Personalized and adaptive serious games. En R. Dörner, S. Göbel, M. Kickmeier-Rust, M. Masuch, K. & Zweig (Eds.), *Entertainment Computing and Serious Games. Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 9970, pp. 332-377), Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46152-6_14
- Van Bueren, E. M., Klijn, E.-H., & Koppenjan, J. F. (2003). Dealing with wicked problems in networks: Analyzing an environmental debate from a network perspective. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 13(2), 193-212.
- Zhonggen, Y. (2019). A meta-analysis of use of serious games in education over a decade. *International Journal of Computer Games Technology*, 2019(3). <https://doi.org/10.1155/2019/4797032>
- Zimmerman E. (2003). *Rules of play: game design fundamentals*. The MIT Press.

AUTORES

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD OPERATIVA DEL TÚNEL DE CONGELACIÓN DE UNA EMPRESA PESQUERA

FABIOLA OLIVARES

Doctora en Veterinaria por la Universidad Complutense de Madrid, ingeniera pesquera por la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), docente principal a dedicación exclusiva UNALM, directora del Departamento de Acuicultura e Industrias Pesqueras UNALM, directora de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Pesquería de la UNALM. Con veinte años de experiencia como docente universitaria y más de cuatro años como investigadora científica en el área de tecnología pesquera y de alimentos en instituciones nacionales e internacionales como la UNALM y CSIC. Con publicaciones científicas y de divulgación en el área de tecnología de alimentos.

JANE MARTÍNEZ-CAJAHUANCA

Ingeniera pesquera egresada de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Especialista en gestión de calidad total y productividad, con experiencia laboral en procesos de congelados de recursos hidrobiológicos y, actualmente, analista del laboratorio fisicoquímico de alimentos en Intertek Testing Services Perú S. A.

DOMINGO SÁNCHEZ-AMADO

Ingeniero pesquero por la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), docente asociado a dedicación exclusiva de la Facultad de Pesquería de la UNALM, jefe del laboratorio de ingeniería del Departamento de Acuicultura e Industrias Pesqueras, secretario académico de la Facultad de Pesquería de la UNALM, docente asociado de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Con más de

cuarenta años de experiencia en el procesamiento de productos hidrobiológicos, análisis de las operaciones unitarias en el procesamiento de productos ahumados y congelados. Especialista en Sistema de Gestión de Calidad e Inocuidad Alimentaria, BPM, HACCP, ISO 9001, IFS, BRC Y FSSC 2000. Con publicaciones científicas y de divulgación en el área de tecnología pesquera y de alimentos.

ANDRÉS MOLLEDA

Ingeniero pesquero por la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), docente asociado a dedicación exclusiva de la Facultad de Pesquería de la UNALM, director de la dirección de inspección y muestreo del Instituto La Molina Calidad Total Laboratorios, inspector de producción en los barcos factoría congeladores. Con cuarenta años de experiencia profesional en el procesamiento de productos curados (convenio UNA-CIDD Canadá), área de refrigeración y congelación de recursos hidrobiológicos. Con participación en proyectos de investigación y publicaciones científicas y de divulgación en el área de tecnología e ingeniería pesquera y de alimentos.

PLANEACIÓN DE LAS CAPACIDADES DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN DE MUEBLES EN CUBA

AILEN ESTEVEZ TORRES

Profesora investigadora de la Universidad de Las Tunas. Ingeniera industrial y máster en Ingeniería Industrial, mención producción, por la Universidad de Las Tunas, Cuba. Profesora asistente del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Las Tunas. Cuenta con seis años de experiencia. Estudiante de doctorado en Ciencias Técnicas especialidad Ingeniería Industrial. Cuenta con publicaciones de artículos y capítulos de libros relacionados con la gestión de la producción, organización del trabajo y mercadotecnia.

ALEXEY MEGNA ALICIO

Licenciado en Educación, especialidad Física, por la Universidad de Ciencias Pedagógicas "Pepito Tey" de Las Tunas. Doctor en Ciencias Pedagógicas por la misma universidad. Profesor-investigador de la Universidad de Las Tunas. Profesor titular del Departamento de Ingeniería Industrial y Turismo, de la misma universidad. Ha dirigido investigaciones y proyectos sobre la gestión de la innovación y la tecnología, la gestión de los procesos universitarios y la gestión turística y la formación de docentes e ingenieros. Es miembro del claustro de varias maestrías y programas de doctorados y coordinador del comité académico de la Maestría en Ingeniería Industrial en la Universidad de Las Tunas. Tiene varios libros y artículos publicados sobre esta temática.

MARÍA DE LOS ÁNGELES CAMPOS FERNÁNDEZ

Ingeniera industrial y máster en Ingeniería Industrial, mención producción, por la Universidad de Las Tunas, Cuba. Profesora auxiliar del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Las Tunas. Cuenta con diez años de experiencia como docente, especializada en temas de gestión de la producción. Estudiante de doctorado en Ciencias Técnicas en la especialidad de Ingeniería Industrial. Cuenta con publicaciones relacionadas con la gestión de la producción y organización del trabajo.

GEINIER BARBARO RAMÍREZ CAMEJO

Ingeniero industrial y máster en Administración de Negocios por la Universidad de Las Tunas, Cuba. Profesor auxiliar y jefe del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Las Tunas. Cuenta con doce años de experiencia. Estudiante de doctorado en Ciencias Técnicas en la especialidad Ingeniería Industrial. Cuenta con publicaciones relacionadas con la gestión de la producción, la organización del trabajo y la gestión universitaria.

RAFAEL EDUARDO JARDINES RIVAS

Licenciado en Economía de la Industria y máster en Desarrollo Sociocultural Comunitario, ambos por la Universidad de Las Tunas. Tiene una experiencia laboral de más de cuarenta años, de los cuales veinticinco de ellos en el Ministerio del Trabajo y once en la Universidad de Las Tunas. Se ha vinculado al sistema empresarial en la formación de especialistas en los puestos de trabajo. Ha publicado diferentes artículos en libros y revistas relacionados con la gestión del capital humano, la organización del trabajo y los salarios y la gestión de la producción.

RELACIÓN ENTRE *LAST MILE* Y *MILK RUN*. REVISIÓN DE LITERATURA Y CLASIFICACIÓN DE SOLUCIONES A LOS PRINCIPALES DESAFÍOS QUE AFRONTA EL PERÚ EN LA LOGÍSTICA DE ÚLTIMA MILLA

JULIO ABRAHAM RAMOS QUISPE

Ingeniero industrial y magíster en Ciencias: Ingeniería Industrial con mención en Gerencia de Operaciones y Logística por la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Docente de Ingeniería Industrial en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Entre sus publicaciones se encuentran las siguientes: "Método de abastecimientos basado en procesos y sistemas expertos, caso: industria láctea" (VIII Congreso Peruano de Investigación de Operaciones y de Sistemas, COPIOS 2019, en Arequipa, Perú); "Modelo de simulación para la optimización del tiempo de atención de cisterna

de leche, Caso: Gloria S. A.” (coautor); “Quantification of social impacts on workers to aid decision-making in micro and small enterprises” (2020 International Conference on Decision Aid Sciences and Application).

KAREEN ELENA FLORES SANJINEZ

Bachiller en Ingeniería Industrial por la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, cuenta con experiencia en gestión de proyectos, mejora de procesos y gestión de recursos. Actualmente, labora en Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S. A. dentro de la gerencia de proyectos. Certificada CAPM, SCRUM y Lean Six Sigma.

ROSARIO NATALIA ZAVALA BEJARANO

Bachiller en Ingeniería Industrial por la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa con experiencia en atención al cliente e investigación en asesoría de tesis. Actualmente, jefa de ventas en AFOCAT RAVISUR.

VICTOR ANDRES CCAHUANA CUTIPA

Bachiller en Ingeniería Industrial por la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Desarrolló una segunda carrera profesional de Ingeniería Química en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Tiene experiencia profesional como voluntariado de reforzamiento en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa y en mantenimiento de maquinaria en diferentes empresas.

ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN EN LA MEJORA DEL PROCESO DE ENCERADO DE CÍTRICOS

INELVY DE LOS ÁNGELES ARENAS ARRIETA

Maestra en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca (Tecnológico Nacional de México - Campus Tantoyuca), con posgrado de Calidad por el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Veracruz, México. Docente de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache en Veracruz, México. Asesor y analista de métodos en la empresa Enceradora de Cítricos González, S. A. de C. V. Álamo, Veracruz, México.

LIDILIA CRUZ RIVERO

Doctora en Administración por el Colegio de Estudios Avanzados de Iberoamérica, candidata a investigadora nacional en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI-CONACYT). Profesor de tiempo completo Titular A en el Posgrado en Investigación del Instituto

Tecnológico Superior de Tantoyuca, Veracruz, México. Líder de la línea de investigación de diseño y mejora de productos y procesos en la Maestría de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca.

ERNESTO LINCE OLGUÍN

Maestro en Ciencia Política y Administración Pública por la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Campus Tampico. Líder del Cuerpo Académico Gestión de la Calidad y Recursos Empresariales. Docente de la División de Ingeniería en Gestión Empresarial del Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Veracruz, México.

COMPARACIÓN DE MODELOS CINÉTICOS ISOTÉRMICOS DURANTE LA ADSORCIÓN DE PLOMO MEDIANTE *AZOLLA CAROLINIANA*

HUGO ROMERO-BONILLA

Químico industrial, con maestría en Ciencias Químicas por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV), Chile, donde colaboró como investigador asociado en varios proyectos. Doctorado en Ciencias Ambientales por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), Perú, donde se desempeña como docente de la asignatura de Diseño de Experimentos, Minimización de Residuos Tóxicos y Peligrosos en los programas de doctorado en Ingeniería industrial y en Ciencias Ambientales en la UNMSM. Jefe de grupo y semillero de investigación. Autor de trabajos de investigación en revistas indexadas en Scopus, SCImago Journal Rank (SJR), Scielo y Redalyc.

JUAN CARLOS LUQUE VERA

Ingeniero agrónomo por la Universidad Técnica de Manabí; máster en Medio Natural, Agentes Contaminantes y Gestión Ambiental por la Universidad de Vic de Barcelona España; máster en Sociología por la Universidad Internacional de la Rioja; doctor en Ciencias Ambientales por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Catedrático de varias universidades del Ecuador, conferencista, consultor y empresario en varios países, relacionados al sector de hidrocarburos, economía y contaminación. Autor de artículos científicos relacionados al calentamiento global y comportamiento social-ambiental *versus* económico; desarrolla un libro sobre la contaminación global y su futuro. Actualmente, dicta la cátedra de Investigación Social y Económica en la Universidad Técnica de Manabí.

ANDRÉS CASTILLO SÁNCHEZ

Ingeniero Químico por la Universidad Técnica de Machala. Miembro del grupo y semillero de investigación de energías renovables y electroquímica. Coautor de artículos científicos y publicaciones en revistas indexadas en Scopus, Redalyc y Scielo.

WASHINGTON ESPINOZA RAMÓN

Ingeniero químico por la Universidad Técnica de Machala, Ecuador, con un máster en Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial por la Universidad Nacional de Piura, Perú. Máster de Minas, especializado en Metalurgia y Mineralogía de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Ecuador. Docente de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Técnica de Machala. Gerente propietario de la empresa Goldwasher Services S. A. Consultor ambiental acreditado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador. Capacitación en formación de formadores y prevención de riesgos laborales por la Secretaría Técnica del Sistema Nacional de Cualificaciones Profesionales (SETEC). Encargado en el tratamiento de aguas residuales de las empresas Urbanización Ciudad del Sol y Somir S. A.

LUIS OLIVERA MONTENEGRO

Doctor en Ingeniería Industrial por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, MBA por Centrum Pontificia Universidad Católica del Perú e ingeniero en industrias alimentarias por la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Especialización en Gestión de la Calidad Total por la Universidad Nacional Agraria La Molina. Cuenta con diecisiete años de experiencia en el sector agroalimentario, donde se ha desempeñado como gerente de producción, director de proyectos, costos industriales y R&D. Actualmente, director de la carrera de Ingeniería Agroindustrial y de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Docente de pregrado y posgrado, investigador CONCYTEC RENACYT MR-II, cuenta con publicaciones en Scopus, miembro de comités técnicos de calidad del Instituto Nacional de Calidad (INACAL - Gobierno del Perú) y evaluador de programas de ingeniería del ICACIT.

COMPORTAMIENTO DEL LADO OSCURO Y SATISFACCIÓN EN LAS RELACIONES COMERCIALES ENTRE EMPRESAS. REVISIÓN DE LITERATURA

CARLOS JAVIER AYALA-REGALADO

Psicólogo por la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. Magíster en Administración por la Universidad de Medellín. Experiencia laboral en empresas como Danisco, Arturo Calle y Hospital Universitario San Ignacio. Consultor de mercadeo y en entrenamiento de equipos comerciales a microempresas. Docente en la Institución Universitaria Esumer, en la Institución Universitaria Salazar y Herrera, la Universidad Católica Luis Amigó, la

Universidad de Medellín y la Fundación Universitaria Ceipa. Actualmente, docente de los programas de Mercadeo en la Fundación Universitaria Ceipa en Sabaneta (Colombia)

UNA PROPUESTA DE DISEÑO DE INDICADORES DE I+D EN ESPACIOS DE EDUCACIÓN SUPERIOR

SILVANO ROSSI

Doctor en Ingeniería Eléctrica por la Universidade Estadual Paulista de Brasil e ingeniero electromecánico por la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Docente asociado del Departamento de Ingeniería Electromecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA) e investigador miembro del Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires (CIFICEN). Cuenta con experiencia como secretario de Investigación y Posgrado y como director del Departamento de Ingeniería Electromecánica de la Facultad de Ingeniería - UNCPBA. Autor de diversos trabajos en el área de ingeniería eléctrica y electrónica con temas de investigación que incluyen instrumentación electrónica, sistemas digitales y enseñanza de la electrónica en el área de ingeniería.

GUSTAVO ILLESCAS

Doctor en Matemática Computacional e Industrial e ingeniero de sistemas por la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Docente asociado e investigador del Departamento de Computación y Sistemas de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), miembro del Instituto de Investigación en Tecnología Informática Avanzada (INTIA) de la Facultad de Ciencias Exactas - UNCPBA. Cuenta con experiencia en proyectos con empresas privadas e instituciones de Gobierno. Ha gestionado numerosos convenios y contratos, obteniendo en algunos de ellos distinciones y subsidios. Sus temas de investigación incluyen *business intelligence*, *key performance indicators*, *balance scorecard*, *intelligent organizations*, *knowledge computing management* y *management expert systems*.

MODELO PARA LA DEFINICIÓN DE LOS REQUISITOS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN EN UNA ORGANIZACIÓN DE SALUD DE MAR DEL PLATA, ARGENTINA

LUCIANA BELÉN TABONE

Ingeniera industrial por la Universidad Nacional de Mar del Plata, con posgrado de Especialización en Gestión de la Innovación y Tecnología por la Universidad Nacional de

Mar del Plata. Docente universitaria exclusiva del Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Autora de artículos en eventos científicos y publicaciones en revistas. Perteneciente a la Categoría V del Programa de Incentivos a los Docentes Investigadores de CONEAU.

VERÓNICA AÍDA MORTARA

Ingeniera electricista por la Universidad Nacional de Mar del Plata, con posgrado de Especialización en Administración de Negocios por la Universidad Nacional de Mar del Plata. Docente universitaria exclusiva del Departamento de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Autora de artículos en eventos científicos y publicaciones en revistas. Perteneciente a la Categoría V del Programa de Incentivos a los Docentes Investigadores de CONEAU.

ANÁLISIS Y DESARROLLO DE LA REPUTACIÓN CORPORATIVA EN LAS ORGANIZACIONES MODERNAS. UN ACERCAMINETO AL ESTADO DEL ARTE

LEDY GÓMEZ-BAYONA

Ingeniera de mercados por la Universidad Autónoma de Bucaramanga, especialista en Gerencia de Proyectos de la Universidad del Tolima, magíster en Dirección de Marketing por la Universidad del Mar, Ph. D. en Administración por la Universidad de Medellín, Colombia. Creadora y líder del semillero de investigación Xplomarketing. Autora de artículos relacionados con mercadeo relacional, reputación corporativa, entre otros.

JAIME ALBERTO OROZCO-TORO

Publicista por la Universidad Pontificia Bolivariana de Colombia, magíster en Publicidad y Relaciones Públicas por la Universidad Autónoma de Barcelona de España y doctor en Medios, Comunicación y Cultura por la Universidad Autónoma de Barcelona. Director del Grupo de Investigación Epilión de la Universidad Pontificia Bolivariana. Autor de artículos en revistas académicas en temas vinculados con publicidad social, marca, reputación corporativa y responsabilidad social corporativa.

EDY ZULIMA RESTREPO LONDOÑO

Integrante del semillero de investigación Xplomarketing, estudiante de último año de Negocios Internacionales de la Universidad de San Buenaventura, Colombia.

OLGA VELEZ BERNAL

Administradora de empresas por la Universidad Cooperativa de Colombia, especialista en Gerencia de Proyectos por la Universidad Pontificia Bolivariana, magíster - MBA en Administración de Negocios por la Universidad del Mar, candidata a doctora en Administración de la Universidad de Medellín, Colombia. Miembro del Grupo de Investigación PROGER de la Institución Universitaria Marco Fidel Suárez de Bello, Colombia, vicerrectora académica y de investigación de la Institución Universitaria Marco Fidel Suárez.

PROYECTO DE INVERSIÓN DE MANTENIMIENTO, RENOVACIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL MATERIAL RODANTE DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO (STC) METRO

MIRIAM SOSA CASTRO

Doctora por la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía de la Universidad Autónoma de México (UNAM). Profesora-investigadora asociado por la Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa. Profesora de asignatura del posgrado de Ingeniería, perteneciente a la División de Ingeniería Mecánica, Eléctrica e Industrial. Posgrado en Ingeniería de Sistemas por la Universidad Nacional Autónoma de México. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores.

PLASTICIZERS: OPTIMIZATION OF PVC COMPOUNDS EXTRACTION PROCESS

JULIA GUADALUPE PÉREZ ARTEAGA

Ingeniero químico por el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, con un posgrado en Ingeniería de Procesos por el Instituto de Estudios Superiores de Tamaulipas del Sur de Tamaulipas, México. Actualmente, técnico investigador de análisis en laboratorio de Investigación y Desarrollo en Empresa Internacional de Compuestos Especiales, diseñados específicamente para una amplia gama de aplicaciones. Cuenta con experiencia laboral en análisis de los componentes de compuestos de PVC mediante diferentes técnicas instrumentales y fisicoquímicas.

MARCO ANTONIO DÍAZ MARTÍNEZ

Doctor en proyectos por la Universidad Internacional Iberoamericana en México. Investigador en el Instituto Tecnológico Superior de Pánuco. Cuenta con experiencia en áreas de consultoría y desarrollo de proyectos, como jefe de Carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad del Valle de México. Certificador avanzado en SolidWorks en el desarrollo de nuevos productos y simulaciones por la empresa Desarrollo

de Manufactura Digital, DMD. Autor de artículos y publicaciones en revistas como: "Simulación Flexsim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba", en la revista *Científica* del Instituto Politécnico Nacional (2018) y "Aplicación móvil Industria 4.0", en la revista *Información Tecnológica* (2021).

REINA VERÓNICA ROMÁN SALINAS

Ingeniero industrial por el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (ITCM), con posgrado en Educación y una especialidad en Organización y Administración de Instituciones de Educación Superior por el Instituto de Ciencias y Estudios Superiores de Tamaulipas (ICEST). Actualmente, cursa el posgrado en Ingeniería Administrativa por el Instituto Tecnológico Superior de Pánuco (ITSP). Cuenta con experiencia laboral en manufactura, logística, gestión administrativa y de calidad. Fue directora del Campus de nivel media superior hasta posgrado; miembro activo del comité de validación de reactivos del EGEL de Ingeniería Industrial en el Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior y del padrón de evaluadores del Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, así como docente en el ITSP y en el ICEST. Autora de artículos y publicaciones en revistas.

UTILIZACIÓN DE VIDEOJUEGOS EN LA INDUSTRIA Y EN LA EDUCACIÓN

HERNÁN ALEJANDRO QUINTANA CRUZ

Ingeniero informático por la Pontificia Universidad Católica del Perú, con maestría en Administración de Empresas por la Universidad de Lima. Experiencia de más de quince años en el desarrollo de *software* laborando en empresas como IBM, Yanbal y Devos Inc., de la cual fue gerente de Tecnología. Investigador RENACYT en la Universidad de Lima. Docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Lima, encargado de los cursos de ingeniería de *software*.

INFORMACIÓN PARA COLABORADORES Y NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE TRABAJOS

GENERALIDADES

Desde 1992, la revista *Ingeniería Industrial* tiene como objetivo central difundir los resultados de las investigaciones, así como brindar información técnica y científica relativa a este campo. Está dirigida a empresarios de todos los sectores productivos, a docentes y a estudiantes de la especialidad.

Su misión es divulgar la investigación en diferentes áreas de la Carrera de Ingeniería Industrial por medio del intercambio de información científica y tecnológica, de manera que el acceso sea libre y gratuito para el público que está involucrado en la disciplina.

Su visión es ser un referente nacional e internacional de publicaciones en las áreas de la ingeniería industrial.

La revista publica trabajos de investigación que se incluyen en una de las cinco secciones que le dan forma: Gestión de la Producción, Calidad y Medioambiente, Ingeniería de Negocios, Proyectos Empresariales Industriales y Ciencia y Tecnología. Su publicación es semestral, en los meses de junio y diciembre.

Los trabajos que se presenten deben ser inéditos, de indudable aporte científico y no haber sido propuestos para su publicación simultánea en otro medio. Se acepta la colaboración de investigadores y profesionales de la ingeniería y de los negocios que deseen participar en sus páginas.

El depósito legal de la revista está hecho en la Biblioteca Nacional del Perú n.º 95-0832, y su ISSN es 1025-9929. Revista indexada en las bases de datos: Latindex, Redalyc, DOAJ y Dialnet.

NORMAS DE PUBLICACIÓN

Directrices para autores(as)

Las colaboraciones deben estar redactadas con claridad y coherencia, respetando las normas básicas de la ortografía española. Estas deben cumplir con las siguientes características:

- Se procesarán en Microsoft Word, en formato simple (una columna), tipografía Times New Roman, en 12 puntos, con espacio y medio de interlínea, el texto justificado y con el margen superior de 3,0 cm, el inferior de 2,5 cm, el izquierdo de 3,0 cm y el derecho de 2,0 cm.
- En caso de usar tablas o figuras, estas deben presentarse en orden correlativo, con un título que las describa y la mención de la fuente. Su presentación debe corresponder al estilo APA. Para facilitar su diagramación, se deben entregar de la siguiente manera:
 - Fotos: en formato .jpg o .tiff con una resolución de 300 píxeles.
 - Figuras: enviar el archivo original en el cual fueron elaboradas.
 - Tablas: de ser colocadas como imagen en el documento, enviar archivo original en Microsoft Excel.
- Los envíos se realizarán a través del correo revista.ing.ind@ulima.edu.pe o también a través de la plataforma de la revista mediante el enlace: https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/about/submissions. Para el envío de manuscritos a través de la plataforma, el autor debe crearse previamente una cuenta en la página de la revista.
- Al momento de enviar el manuscrito, el autor debe incluir cualquier otro material complementario que consideren útil para la evaluación o indicar el enlace del repositorio donde se encuentra.

Características de la colaboración para el envío

- **Título.** (en español e inglés). El título debe reflejar el contenido del trabajo. Debe ser conciso y solo se escribirá con mayúscula la inicial de la primera palabra y los nombres propios.
- **Autor y su afiliación.** Debe aparecer el nombre completo y los apellidos de los autores ordenados según su participación; cada uno de ellos debe especificar su número ORCID, su correo electrónico y la institución a la que pertenece, provincia o departamento y país en el idioma original. Por ejemplo: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Biomédicas, Departamento de Pediatría, Ciudad de México, México.

Debe identificarse el autor encargado de la correspondencia y su dirección de correo electrónico.

- **Resumen** (*en español e inglés*). Los resultados de investigaciones deben presentar resúmenes que contengan el objetivo, la metodología y las conclusiones, en una extensión máxima de 200 palabras.
- **Palabras clave** (*en español e inglés*). Se debe proporcionar una relación de un máximo de seis palabras o frases clave para facilitar la búsqueda en los bancos de información.
- **Contenido**. Las colaboraciones tendrán una extensión máxima de 6000 palabras. Debe contener una introducción, metodología, discusión y/o conclusiones. Cada inciso (subtítulo) debe diferenciarse claramente mediante dígitos. Para incluir citas, se usará la forma (autor, año), siguiendo el estilo APA.
- **Fuente de financiamiento**. Si la investigación es financiada, indicar el nombre de la institución y el código de financiación.
- **Referencias bibliográficas**. Deben aparecer al final del artículo en orden alfabético y siguiendo el estilo APA.
- **Hoja de vida**. En no más de seis líneas, el colaborador debe indicar sus grados o títulos académicos, el nombre de la institución de afiliación y el país, el cargo que ocupa o la función que desempeña; y sus publicaciones, si las tuviera.

Aviso de derechos de autor(a)

Una vez aprobado el artículo, los autores enviarán una carta de cesión de derechos y originalidad firmada, en donde se indicará que el documento enviado no ha sido publicado ni aceptado en otra revista.

Las obras se publican en la edición electrónica de la revista bajo una licencia Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

El autor es libre de compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato con el requisito de reconocer su publicación inicial en nuestra revista.

PROCESO EDITORIAL

Proceso de evaluación por pares

El editor de la revista revisa el artículo y, si cumple con las pautas básicas editoriales, lo envía a un árbitro (evaluador externo experto en el tema del artículo) bajo la modalidad de doble ciego, quien revisará el contenido del artículo, lo evaluará y determinará si se

publica o no. Cabe mencionar que todos los trabajos enviados a *Ingeniería Industrial* se ajustarán a los requisitos y procedimientos que figuran en las Normas de Publicación y el Código Editorial, los cuales serán criterios exigibles para la selección y evaluación de los artículos propuestos.

El Comité Evaluador tendrá un plazo de 15 días hábiles para presentar su informe de evaluación. En el caso de que los artículos se devuelvan al autor con cambios sugeridos o sustanciales, se requerirá una segunda revisión. Para ello, el árbitro contará con un plazo de 10 días hábiles para emitir su opinión.

Finalizado su trabajo, el Comité Editorial de la revista se reserva el derecho de recomendar o no su publicación, dando aviso a los autores sobre su decisión.



Solicitud de publicación

Luego de que el trabajo sea aceptado para publicación, el autor corresponsal debe enviar una solicitud de publicación, la cual estará dirigida al editor de la revista, con los siguientes documentos:

- El artículo actualizado de acuerdo con las observaciones previas del jurado evaluador.
- Las figuras y tablas utilizadas deben ser enviadas en sus archivos originales.
- Carta de cesión de derechos y originalidad firmada, en donde los autores indican que el documento enviado no ha sido publicado ni aceptado en otra revista.
- *Curriculum vitae* no documentado en seis líneas de los autores.

Cargos por procesamiento, publicación y envío de artículos

La revista *Ingeniería Industrial* no cobra a los autores ninguna tasa por presentación/ envío de manuscritos ni cuotas por la publicación de artículos.

Determinación de la capacidad operativa del túnel de congelación de una empresa pesquera

Planeación de las capacidades de producción de una empresa de producción de muebles en Cuba

Relación entre *last mile* y *milk run*.
Revisión de literatura y clasificación de soluciones a los principales desafíos que afronta el Perú en la logística de última milla

Análisis de la operación en la mejora del proceso de encerado de cítricos

Comparación de modelos cinéticos isotérmicos durante la adsorción de plomo mediante *Azolla caroliniana*

Comportamiento del lado oscuro y satisfacción en las relaciones

comerciales entre empresas.
Revisión de literatura

Una propuesta de diseño de indicadores de I+D en espacios de educación superior

Modelo para la definición de los requisitos de un sistema de información en una organización de salud de Mar del Plata, Argentina

Análisis y desarrollo de la reputación corporativa en las organizaciones modernas. Un acercamiento al estado del arte

Proyecto de inversión de mantenimiento, renovación y modernización del material rodante del Sistema de Transporte Colectivo (STC) Metro

Improvement of PVC Compound Plasticizer Extraction Process

Utilización de videojuegos en la industria y en la educación