

# INGENIERÍA INDUSTRIAL







# INGENIERÍA INDUSTRIAL

*Ingeniería Industrial*  
Revista de la Facultad de Ingeniería  
de la Universidad de Lima  
Carrera de Ingeniería Industrial  
Núm. 44, junio del 2023  
doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n44>

**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>

**Editor asociado**

Edilberto Miguel Avalos Ortecho, Universidad de Lima, Perú

© 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](mailto:fondoeditorial@ulima.edu.pe)  
[www.ulima.edu.pe](http://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 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>

Neyfe Sablón Cossío, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador  
<https://orcid.org/0000-0002-6691-0037>

Marco Antonio Díaz Martínez, Tecnológico Nacional de México, México  
<https://orcid.org/0000-0003-1054-7088>

Clara Inés Pardo Martínez, Universidad del Rosario, Colombia  
<https://orcid.org/0000-0002-8556-319X>

## COMITÉ CIENTÍFICO

Dra. Ruth Isabel Murrugarra Munares , Universidad Adolfo Ibáñez, Chile,  
<https://orcid.org/0000-0002-7043-7983>

Dr. Igor Lopes-Martínez, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Cuba,  
<https://orcid.org/0000-0002-1249-8833>

Dra. Maria Julia Brunette, The Ohio State University, Estados Unidos,  
<https://orcid.org/0000-0001-7932-5964>

Dra. María Lau, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú,  
<https://orcid.org/0000-0001-9058-7789>

Dr. Fabricio Paredes-Larroca, Universidad de Lima, Perú,  
<https://orcid.org/0000-0001-8857-9253>

Dr. Alberto Edel León, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina,  
<https://orcid.org/0000-0002-2260-3086>

Dr. Alexandre Carlos Brandão Ramos, Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Brasil,  
<https://orcid.org/0000-0001-8844-5116>

Dra. Martha Ruth Manrique Torres, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia,  
<https://orcid.org/0000-0002-3870-4965>

Dr. Yonni Angel Cuero Acosta, Universidad del Rosario, Colombia,  
<https://orcid.org/0000-0001-9565-3968>

Dr. Lei Zhao, Tsinghua University, China  
<https://orcid.org/0000-0002-1028-9632>

Dra. Iara Tammela, Universidade Federal Fluminense, Brasil,  
<https://orcid.org/0000-0002-8914-6326>

Dra. Marcela Amaro Rosales, Universidad Nacional Autónoma de México,  
Instituto de Investigaciones Sociales México,  
<https://orcid.org/0000-0002-1647-890>

Dr. Felipe Schoemer Jardim, Fluminense Federal University, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0001-9066-887X>

Dr. Hector Enrique Gonzales Mora, Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú  
<https://orcid.org/0000-0002-8455-3432>

Dr. Daniel Eduardo Lazo Martinez, Curtin University, Australia  
<https://orcid.org/0000-0003-1757-5444>

Dr. Gibrán Sayeg Sánchez, Tecnológico de Monterrey, México  
<https://orcid.org/0009-0009-6694-6142>

Dr. Wilfredo Yushimito, Instituto Politécnico Rensselaer, Estados Unidos  
<https://orcid.org/0000-0002-5528-2477>

Dra. Carmen Pérez-Camino, Universidad de Sevilla, España  
<https://orcid.org/0000-0001-7652-9582>

### COMITÉ EVALUADOR

Iliana Elizabeth Aguilar	Universidad de las Américas, Quito, Ecuador
Martín Guillermo Sarmiento	Universidad de Lima, Lima, Perú
José Antonio Taquía Gutiérrez	Universidad de Lima, Lima, Perú
Jesús López Santiago	Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España
Bertha Díaz Garay	Universidad de Lima, Lima, Perú
Jimena Juri Ayub	Universidad Nacional de San Luis, San Luis, Argentina
Nano Pessoa Barradas	Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal
Ivonne Angélica Castiblanco	Politécnico di Torino, Turín, Italia
Noelia Araújo Vila	Universidad de Vigo, Vigo, España
Araceli Almaraz Alvarado	Instituto Nacional de Estudios Históricos de las Revoluciones de México, México, México
Blanca Rosa García-Rivera	Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México
Luis Bedoya Jiménez	Universidad de Lima, Lima, Perú
José Medina	Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina
Carlos Vázquez Cid de León	Universidad Tecnológica de la Mixteca, Oaxaca, México
Luis Sáez Tonacca	Universidad de Santiago de Chile, Santiago de Chile, Chile
Luis Bernardo López Sosa	Universidad Intercultural Indígena de Michoacán, Michoacán, México
Zhoe Comas González	Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia
Juan Núñez-Ríos	Universidad Panamericana, México, México
Ezilda Cabrera	Universidad de Lima, Lima, Perú
Carlos Pérez-Mata	Universidad de Sonora, Sonora, México
Raúl Marcelo Carrera Ecuador	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador
Sonia Janneth Suárez	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Boyacá, Colombia

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN	9
FOREWORD	11
GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN / PRODUCTION MANAGEMENT	13
Estandarización de los procesos de producción de ropa industrial en la ciudad de Pelileo, Ecuador, como factor para incidir en la productividad <i>Cristian Javier Morocho Ríos, Denis Joaquín Zambrano Ortiz, Arialys Hernández Nariño</i>	15
Análisis y propuesta de mejora en el proceso de producción de yogur griego de una empresa peruana mediante herramientas <i>lean</i> (5S) <i>Rodrigo Alonso Jurado Guerrero, Giancarlo Lara Espinoza,</i>	37
Redistribución de inventario con base en clasificación ABC para mejorar el flujo de materiales en una empresa productora de alimentos en Sinaloa, México <i>Xóchitl Patricia Flores Gutiérrez, Yuridia Belén Cota Pardini, Raúl Loredó Medina</i>	65
CALIDAD Y MEDIOAMBIENTE / QUALITY AND ENVIRONMENT	79
Barriers and Difficulties for the Implementation of HACCP Systems Among Food Companies in Lima, Perú <i>Karen Sotomayor Quispe, Marcial Ibo Silva-James</i>	81
Decision-Making Process for Gluing on Footwear Parts Using Analytic Hierarchy Process (AHP) and Statistics <i>Armando Mares Castro</i>	107
INGENIERÍA DE NEGOCIOS / BUSINESS ENGINEERING	133
Cambios en los hábitos financieros ocasionados por las <i>fintech</i> en el Perú <i>Cristian Alexander Mejía Díaz, Mauricio José Rojas Uribe, Rafael Villanueva Flores</i>	135

<b>Una mirada a la identificación de las competencias directivas</b>	<b>157</b>
<i>Jacqueline Hernández Magaña, Daimé Padilla Aguiar, Narciso Abel Piñero Rodríguez</i>	
<b>PROYECTOS EMPRESARIALES INDUSTRIALES / INDUSTRIAL BUSINESS PROJECTS</b>	<b>173</b>
<b>Análisis del desempeño de la red de agua potable en Salina Cruz, Oaxaca, México</b>	<b>175</b>
<i>Adriana Eneida Ponce Martínez, Eduardo Martínez Mendoza, Rafael Ríos Esperanza</i>	
<b>CIENCIA Y TECNOLOGÍA / SCIENCE AND TECHNOLOGY</b>	<b>203</b>
<b>Análisis estratégico en la gestión de un reactor de investigación</b>	<b>205</b>
<i>Rocío del Pilar Solís Pillaca</i>	
<b>Cómo influyen las tecnologías de la información y los procesos productivos en las decisiones del personal de recursos humanos a nivel organizacional en tiempos del COVID-19</b>	<b>235</b>
<i>Marco Antonio Díaz Martínez, Mario Alberto Morales Rodríguez, Reina Verónica Román Salinas, Jesús Gómez Castellanos</i>	
<b>DATOS DE LOS AUTORES</b>	<b>255</b>

# PRESENTACIÓN

Mucho se habla del amplio espectro de acción que los ingenieros industriales tienen al momento de desarrollar sus actividades profesionales. Esta amplitud ha originado también que, desde la academia, se aborden las bases teóricas y metodológicas de diferentes modelos y sistemas, cultura organizacional, análisis de procesos; y operación y control de sistemas industriales en los que están involucrados las personas, los materiales, la maquinaria, la información y el capital.

En este nuevo número, presento a la comunidad académica nacional e internacional la edición n.º 44 de la revista *Ingeniería Industrial* de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Lima. En la presente edición, se consolidan los hallazgos de interesantes investigaciones efectuadas por académicos de Ecuador, Colombia, Cuba, México y el Perú; vinculadas a temas de análisis de procesos industriales, logística, gestión de calidad para alimentos, recursos humanos y financieros, análisis estratégico, entre otros.

Quiero reconocer el importante trabajo que ha desempeñado el equipo editorial y agradecer al ampliado comité científico de la revista, así como a los autores y revisores participantes de esta nueva edición, cuyos valiosos comentarios han contribuido significativamente en la calidad de la presente edición.

Marcos Fernando Ruiz-Ruiz  
Director



# FOREWORD

Much is said about the ample scope of action that industrial engineers have at the time of developing their professional activities. This amplitude has also led academia to engage with the theoretical basis and methodologies of different models and systems, organizational culture, process analysis and the operation and control of industrial systems that involve people, materials, machinery, information and capital.

In this new volume, I present to the national and international academic community issue n.º 44 of the *Ingeniería Industrial* journal of the Industrial Engineering program at University of Lima. The present issue consolidates the findings of interesting investigations conducted by academics in Ecuador, Colombia, Cuba, Mexico and Peru, dealing with topics such as the analysis of industrial processes, logistics, food quality management, human and financial resources, strategic management and more.

I wish to acknowledge the important work carried out by our editorial team and extend my gratitude to the journal's expanded scientific committee as well as the authors and reviewers who were involved in this new issue, whose valuable commentary has significantly contributed to the quality of this publication.

Marcos Fernando Ruiz-Ruiz

Director



**GESTIÓN  
DE LA PRODUCCIÓN**  

---

**Production Management**



# ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE ROPA INDUSTRIAL EN LA CIUDAD DE PELILEO, ECUADOR COMO FACTOR PARA INCIDIR EN LA PRODUCTIVIDAD\*

CRISTIAN JAVIER MOROCHO RÍOS\*\*

<https://orcid.org/0000-0001-5765-8098>

Universidad Tecnológica de Indoamérica,  
Carrera de Ingeniería Industrial, Ambato, Ecuador.

DENIS JOAQUÍN ZAMBRANO ORTIZ

<https://orcid.org/0000-0002-6409-5294>

Universidad Técnica de Manabí,  
Carrera de Ingeniería Industrial, Manabí, Ecuador.

ARIALYS HERNÁNDEZ NARIÑO

<https://orcid.org/0000-0002-0180-4866>

Universidad de Matanzas, Carrera de Ingeniería Industrial, Matanzas, Cuba

Recibido: 9 de enero del 2023 / Aceptado: 1 de febrero del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n44.6142>

**RESUMEN.** Se planteó el estudio para estandarizar los procesos productivos de pantalones y camisas de seguridad en una empresa en la ciudad de Pelileo, Ecuador. La investigación, en cuanto a su enfoque, fue de naturaleza mixta; en el estudio de campo se aplicó un análisis situacional del proceso productivo, se evaluó la calidad del producto empleando una muestra de 114 clientes internos y externos. Se evaluó el proceso mediante las cinco "M" (máquinas, mano de obra, métodos, materiales y medioambiente). Se encontró que los procesos de producción no cumplen los parámetros de calidad por falta de control de calidad e insuficiente infraestructura; el 61 % de los clientes expresaron que el control de calidad no es bueno; el 70 % de los participantes no estuvieron de acuerdo con los tiempos asignados a cada operario para sus actividades. Se concluyó

---

\* Este estudio no fue financiado por ninguna entidad.

\*\* Autor corresponsal.

Correos electrónicos en orden de aparición: [mlc2001-2002@hotmail.com](mailto:mlc2001-2002@hotmail.com); [Deniszambrano73@hotmail.com](mailto:Deniszambrano73@hotmail.com); [Arialys.hernandez@gmail.com](mailto:Arialys.hernandez@gmail.com)

que es necesario desarrollar un procedimiento de control de calidad para asegurar un óptimo producto final.

PALABRAS CLAVE: normalización / procesos de fabricación / calidad / producción / industria textil / tejidos

## STANDARDIZATION OF INDUSTRIAL CLOTHING PRODUCTION PROCESSES IN THE CITY OF PELILEO, ECUADOR AS A FACTOR TO INFLUENCE PRODUCTIVITY

ABSTRACT. A study was proposed in order to standardize the production processes of safety pants and shirts of a company in the city of Pelileo, Ecuador. A mixed approach was employed for the research: a situational analysis of the production process was conducted for the field study, while the product quality was assessed using a sample of 114 internal and external clients. The process was assessed using the 5M criteria (machines, labor, methods, materials and environment). The findings show that production processes did not meet the quality parameters due to a lack in quality control and insufficient infrastructure. 61 % of clients stated that quality control was lacking. 70 % of participants did not approve of the time allotted to each operator for their activities. It was concluded that it is necessary to develop a quality control procedure in order to ensure the quality of the final product.

KEYWORDS: standardization / manufacturing processes / quality / production / textile industry / textiles

## 1. INTRODUCCIÓN

El comercio mundial de la industria textil tiene un alto nivel participativo en el mercado y constituye una importante fuente de ingresos y empleo para muchos países en desarrollo (Ekos, 2018). Es relevante enfatizar que la competitividad representa el principal desafío de este sector secundario de la economía. Son múltiples los retos a los que se enfrentan las empresas en los países de la región de América Latina y el Caribe, porque deben competir con artículos de origen externo, en particular los que proceden de China, la nación número uno en el mundo en la industria textil (Carrillo, 2010).

La Organización Mundial del Comercio (OMC) identificó a través de sus reportes estadísticos a los líderes en la producción y exportación de prendas de vestir en todo el mundo: China, Hong Kong, Bangladesh y Vietnam. Mientras que los líderes del sector en América, como México, Honduras, El Salvador y Guatemala, se han visto afectados por el crecimiento de trabajadores calificados, la producción y las exportaciones procedentes de estos países (López Juárez / Rodríguez Suárez, 2016).

A pesar de la fuerte competitividad y la pandemia del COVID-19, los pronósticos en Latinoamérica fueron alentadores. Se estimó que la producción de productos textiles alcanzaría la cifra de 221 000 millones de dólares en el 2021, lo cual generó interés de parte de empresas enfocadas en el mercado externo; entre los principales exportadores de prendas de vestir, especialmente en materia de pantalones, lideran la lista: México, con 55 % de exportaciones globales, seguido de Nicaragua y El Salvador (Duana Ávila et al., 2021). También se debe recalcar que Colombia ha luchado por destacarse en esta industria textil, de igual forma el Perú. Es importante resaltar que las pequeñas y medianas empresas de este sector en América Latina aportan un gran porcentaje de las unidades productivas; sin embargo, su participación en el Producto Bruto Interno (PBI) sigue siendo muy baja; por lo tanto, la estrategia sería aumentar su efectividad y su eficiencia productiva (Moreno Marcial & Santos Méndez, 2022).

Pese a los buenos pronósticos en la industria textil en algunos países de la región, esta realidad no es la misma para Ecuador, debido a que presenta problemas de crecimiento reflejados en su nivel de producción (Amaluisa Peñaranda, 2019), a pesar de que históricamente esta industria ha sido relevante para la economía por su influencia en el PBI y el empleo. La industria textil es una producción económica que genera mayores tasas de empleo; sin embargo, presenta varias debilidades, como falta de organización en procesos productivos y escasa mano de obra, factores que afectan directamente el aporte que realiza esta actividad en la economía ecuatoriana (*Industria Textil - La Ciencia Económica*, s. f.).

Es relevante señalar que la manufactura textil consiste en la transformación de materias primas, siendo las más utilizadas el algodón, poliéster, nailon, lana, entre otras, para convertirlas en prendas de vestir casuales o industriales. Entre las empresas

textiles más importantes de Ecuador, destacan aquellas que están situadas en las provincias de Pichincha, Imbabura, Azuay y Tungurahua, pues generan varias plazas de empleo, siendo el segundo sector manufacturero con más mano de obra en el país (Obando & Cortés, 2002).

Según el boletín informativo de la Asociación de Industrias Textiles del Ecuador (AITE, 2022), el desarrollo del sector está directamente relacionado con las exportaciones; por lo tanto, los industriales, para ser más competitivos en una economía globalizada, han invertido en nueva tecnología. Por tal motivo, las empresas deben invertir más en la atención al cliente interno con programas de capacitación, con el objeto de incrementar los niveles de eficiencia y productividad; esto permitirá mejorar la producción actual y crear nuevos productos que puedan satisfacer la demanda local e internacional (Imesun, 2016).

Para las empresas ecuatorianas, mejorar los sistemas de producción es un elemento vital para la industria, porque los procesos serían evaluados y así se alcanzarían altos niveles de calidad en el producto.

De acuerdo con los aspectos señalados, se procedió a desarrollar un estudio en la planta de producción de la empresa Álvaro's Jeans, ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Pelileo, y dedicada a la elaboración de ropa industrial. Actualmente, dispone de una planta de producción con treinta y cinco trabajadores a tiempo completo. En los dos últimos años, se ha expandido en la zona de la costa y del oriente de Ecuador, caracterizada por su gran competitividad; por lo tanto, la empresa precisa mejorar los procesos productivos para alcanzar mayor aceptación en el mercado.

Esta empresa presenta problemas productivos, entre los que destacan: deficiente calidad de los productos (pantalones y camisas de seguridad), bajo control de calidad en la materia prima, falta de capacitación del personal y mala actitud de este. Estas no conformidades han ocasionado pérdidas de diferente índole, tanto en tiempo de trabajo como en el producto, altos índices de rechazo y de accidentalidad, e incumplimiento de la producción. En consecuencia, como se ha visto en otros estudios, los factores señalados afectan la productividad y las posibilidades de la empresa de ser competitiva en el mercado nacional e internacional.

Dentro de las empresas textiles nacionales, solo el 25 % es formal, mientras que las restantes son informales; buscan lograr la automatización de sus procesos, la capacitación del personal y el uso de nueva tecnología para lograr la competitividad (Mejía Carrera & Rau Álvarez, 2019). La optimización de los procesos de producción en las industria textil, con el propósito de estandarizar y definir los procesos de producción, reducir los tiempos, mejorar la distribución de planta y evitar la contaminación del medioambiente, permitirá alcanzar mayor cobertura en el mercado. De acuerdo con Valverde Chifla (2017), el 50 % de las pequeñas y medianas empresas textiles del cantón San Pedro de

Pelileo tienen correctamente definidos los parámetros de eficiencia y eficacia, mediante la implementación de una normativa. Estos factores les han permitido incrementar su productividad, optimizar el uso de los recursos y reducir tiempos de desperdicios, entre otras ventajas. Entonces, para fabricar un producto de calidad, se precisa de normas, reglamentos y estándares en los procesos de producción, cuyo cumplimiento favorece la satisfacción del cliente interno y externo, y una mayor competitividad.

Los términos y definiciones utilizados se marcan en:

- *Eficiencia*: a menudo se usa como sinónimo de productividad, se concluye que es el uso óptimo de los recursos (Rincón de Parra, 2001).
- *Productividad*: es la relación entre el resultado obtenido y los recursos utilizados para obtenerlo (Velásquez, 2012).

## 2. METODOLOGÍA

Es importante señalar que el presente estudio está estructurado en tres partes que permiten representar una investigación sistemática. En ella, se resaltan aspectos relevantes como el tipo de estudio, la población, la muestra y técnicas de recolección de datos aplicadas. La metodología empleada puede aplicarse a empresas del sector sin importar su tamaño ni la complejidad de los procesos; este aporte científico resulta novedoso pudiendo determinarse su impacto en el área de conocimiento abordada.

Se realizó una investigación mixta basada en métodos cualitativos para el estudio de percepciones del cliente interno, análisis, descripción y modelado de procesos; y en métodos cuantitativos para el estudio de tiempos estándar en una empresa de producción textil en la ciudad de Pelileo (Férez, 2012).

**El estudio se estructuró en tres etapas:**

### *1) Diagnóstico del sistema*

Se realizó una evaluación a clientes internos y externos con el objetivo de conocer los niveles de calidad del producto que oferta la empresa. Por esta razón, se aplicó una encuesta para conocer la aceptación del producto en el mercado potencial de interés en el presente estudio.

Se aplicó el muestreo en poblaciones finitas, porque el tamaño de la población es conocido, y se utilizó la fórmula que se muestra a continuación para hallar el tamaño de la muestra (Morillas, 2004).

Ecuación [1]:

$$n = \frac{NZ^2 * PQ}{(N-1)E^2 + Z^2 * PQ} \quad [1]$$

Donde:

- $N$  = tamaño de la población
- $Z = 1,96$  al cuadrado (si la seguridad es del 95 %)
- $p$  = proporción esperada (en este caso, 5 % = 0,05)
- $q = 1 - p$  (en este caso,  $1 - 0,05 = 0,95$ )
- $\epsilon$  = precisión (en su investigación use un 5 %)

Se estructuraron seis preguntas, representadas en:

- Pregunta 1: ¿Está de acuerdo en que las instalaciones de la empresa son adecuadas para la fabricación del producto?
- Pregunta 2: ¿Es bueno el control de calidad en los procesos de producción?
- Pregunta 3: ¿Cree que la empresa Álvaro's Jeans utiliza materia prima de buena calidad?
- Pregunta 4: ¿Piensa que la empresa está evolucionando en la calidad de sus productos con el fin de posicionarse en el mercado?
- Pregunta 5: ¿Cree que el personal está capacitado y motivado para realizar sus actividades correctamente y así evitar fallas o accidentes?
- Pregunta 6: ¿Está de acuerdo con el tiempo que se le asigna a cada operario para realizar sus respectivas actividades para cumplir la meta de producción?

## II) Análisis del proceso de producción

A estos efectos, se desarrollaron herramientas de análisis y mejora de procesos como sigue:

*Lluvia de ideas*: basada en la utilidad de esta técnica para obtener información general del estado de determinados fenómenos en la organización. Se recolectaron tantas ideas como fue posible de parte de todos los participantes, sin criticar ni juzgar mientras las ideas fueron generadas (Sociedad Latinoamericana para la Calidad, 2000). A través de sus opiniones, se registraron los problemas que más se presentan en el proceso de producción. Estos análisis fueron contrastados con la revisión de la hoja de inspección, utilizada por el jefe del área para controlar la frecuencia de estos problemas en el transcurso de un período (mensual, trimestral, anual).

A partir de un diagrama de Pareto, se ordenaron los problemas listados para priorizar aquellos de mayor importancia, según su nivel de frecuencia. Por lo tanto, si las soluciones se enfocan al 20 % de los problemas más relevantes que afectan a los

procesos, es seguro que el 80 % de los procesos mejorarán considerablemente (Sales, 2012).

Procedente de este estudio, la limitación de mayor frecuencia fue objeto de un profundo análisis. Además, plantear el porqué del problema ayudó a identificar los procesos de cada uno de los pilares fundamentales de las cinco "M" (máquinas, mano de obra, métodos, materiales y medioambiente), las cuales constituyeron las categorías principales para agrupar las causas atribuibles al problema central, posteriormente ilustrado a partir de un diagrama causa-efecto (Suñe et al., 2004).

### *III) Concepción de la propuesta de estandarización del proceso*

Para la estandarización del proceso, se realizó un estudio de tiempos, que es una técnica de medición de trabajo empleada para registrar los tiempos correspondientes a las actividades que son realizadas por los trabajadores. Asimismo, permite identificar aquellos elementos que influyen de manera negativa en el rendimiento de producción de la empresa. Para la aplicación de este método, es necesario tener un número de observaciones preliminares ( $n'$ ), para luego poder aplicar la siguiente fórmula considerando un nivel de confianza del 95,45 % y un margen de error de  $\pm 5$  % (De-Lira-Martínez & Romero-Guerrero, 2022).

Ecuación 2:

$$n = \left( \frac{40\sqrt{n'\sum X^2 - \sum(X)^2}}{\sum X} \right)^2 \quad [2]$$

Siendo:

$n$  = número de observaciones

$n'$  = número de observaciones del estudio preliminar

$\Sigma$  = suma de los valores

$x$  = observaciones registradas

La ecuación 2 produjo el cálculo de los tiempos observados promedio (tiempo elemental de un ciclo, obtenido de una manera directa mediante observaciones sucesivas de una actividad); tiempo normal (tiempo requerido para que un trabajador realice una operación cuando trabaja a ritmo normal y sin demoras); y tiempo estándar (valores en unidades de tiempos para una operación, incluidos el tiempo normal más los suplementos).

Para viabilizar la estandarización, luego de la determinación del tiempo estándar, se desarrolló un procedimiento de control de calidad, que establece acciones de verificación, responsabilidades en la asignación de tareas, en la conducción de programas de

capacitación, y charlas instructivas para el personal de la empresa. Todo esto, de manera periódica, para lograr mejoras en la ejecución del trabajo, una mejor manipulación de máquinas y herramientas; así como la creación, actualización y puesta en práctica de la documentación legal y el control de cambios.

### 3. RESULTADOS

Fue aplicada una encuesta constituida por un cuestionario de seis preguntas dicotómicas, las cuales fueron medidas a través del Alfa de Cronbach con un índice de fiabilidad de 0,89. El instrumento aplicado, de alta consistencia y confiabilidad, fue dirigido al cliente interno: es decir, al trabajador a tiempo completo; y a clientes externos que han preferido adquirir los productos de la empresa (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Clientes*

Clientes	Cantidad	Total
Internos	35	160
Externos	125	

A continuación, se reemplazan los valores:

$$m = \frac{160 * 1,96^2 * 0,25}{159 * (0,05)^2 + 1,96^2 * 0,25}$$

$$m = \frac{153,66}{0,39 + 0,96}$$

$$m = 114$$

Aplicando la ecuación 1 de la muestra, se obtuvo resultado de 114 encuestas (Tabla 2).

**Tabla 2**

*Resultado de la encuesta*

Preguntas	1. Instalaciones de la empresa	2. Control de calidad	3. Materia prima	4. Posicionamiento	5. Capacitaciones	6. Tiempo de producción	Resultado final
SI	40 %	39 %	44 %	47 %	36 %	30 %	39 %
NO	60 %	61 %	56 %	53 %	64 %	70 %	61 %
TOTAL	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

*Nota.* Clientes de la empresa

Este estudio arrojó los análisis siguientes: de 114 clientes encuestados, el 61 % no estuvo de acuerdo con las instalaciones, pues las áreas de trabajo son pequeñas, lo que puede perjudicar o generar fallas en los productos; es insuficiente el control de calidad de la materia prima y en los procesos de producción, esto causa altos índices de rechazo; se manifiesta una gradual pérdida de productividad y posicionamiento en el mercado, e impacta directamente en los ingresos económicos de los trabajadores y, consiguientemente, en su motivación y en el rendimiento de sus actividades. Además, la empresa no realiza las capacitaciones ajustadas a las necesidades de aprendizaje del personal, y el tiempo designado para cada actividad no es adecuado, por lo que pueden ocasionar fallas o accidentes laborales. Esta situación denota la necesidad de mejorar la infraestructura y el diseño de los procesos para ofrecer un producto de mayor calidad.

Una lluvia de ideas fue desarrollada por un grupo de trabajo conformado por cinco colaboradores que tienen un alto compromiso con la empresa. El grupo estuvo integrado por el gerente general, el jefe de producción, el encargado de compras, el encargado de ventas y el encargado de bodega. Se obtuvo una lista de los problemas que más se presentan en el proceso de producción:

- Moldes mal diseñados
- Deficiente calidad del producto
- Mal corte de materia prima
- Inadecuado armado de piezas
- Lavado defectuoso de prendas
- Inadecuado almacenamiento de materia prima

A continuación, con un diagrama de Pareto, se ordenaron estos problemas de acuerdo con su frecuencia, y así priorizar los problemas de mayor importancia para su eliminación (Tabla 3).

**Tabla 3**

*Resultado del diagrama de Pareto*

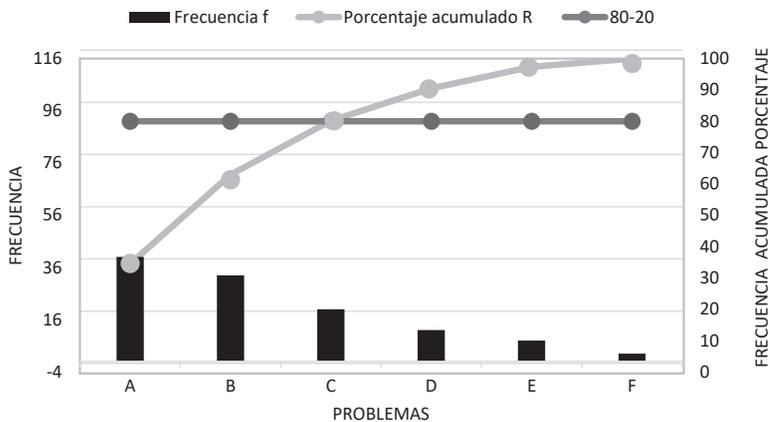
Defecto	Ítem	Frecuencia (f)	Porcentaje acumulado <sup>®</sup>
Deficiente calidad del producto	A	40	34 %
Moldes mal diseñados	B	33	63 %
Inadecuado almacenamiento de MP	C	20	80 %
Mal corte de materia prima	D	12	91 %
Lavado defectuoso de prendas	E	8	97 %
Inadecuado armado de piezas	F	3	100 %

*Nota.* Clientes internos

La Figura 1 muestra los resultados del análisis de Pareto.

**Figura 1**

*Diagrama de Pareto*



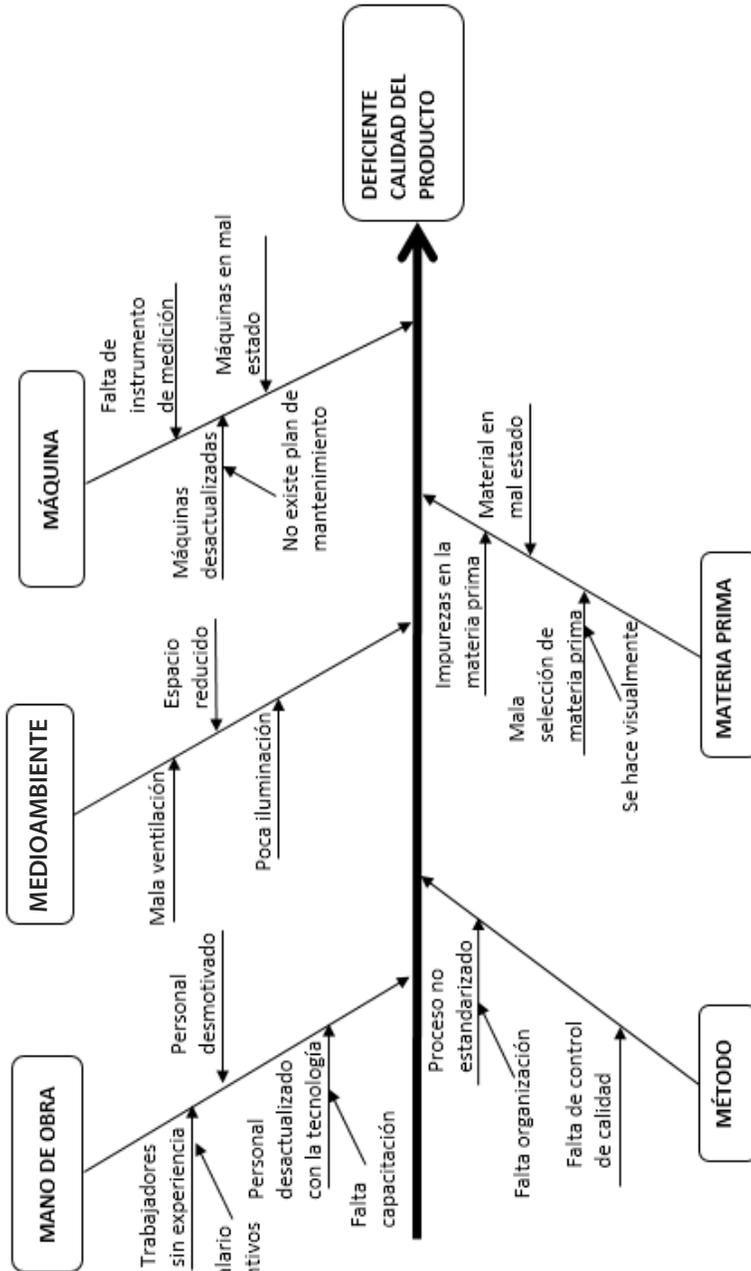
En la figura se observan los problemas que, prioritariamente, deben ser eliminados. Estos son: deficiente calidad del producto, moldes mal diseñados sin actualizar, inadecuado almacenamiento de materia prima. Estos causan el 80 % de fallas en la producción de la empresa.

Se llegó a la conclusión de que el mayor problema es la deficiente calidad del producto, lo que ha llevado a reclamos por parte de los clientes y a generar pérdidas económicas de hasta el 12 % del volumen de ventas. Esto se pudo evidenciar en las revisiones de los reportes de ventas. Por otra parte, se observó que la frecuencia entre control y control de calidad es baja, lo que determina que los defectos de calidad del producto se incrementen. Lo anterior marcó la necesidad de aplicar un análisis de las cinco “M” (máquinas, métodos, materia prima, medioambiente y mano de obra) (Santamaria-Quishpe & Cárdenas, 2023). El análisis de las cinco “M” busca encontrar las principales causas que generan el problema mencionado y, por ende, proyectar las soluciones, Figura 2.

La aplicación del enfoque de las cinco “M” resultó en un análisis más profundo de cada una de las causas identificadas.

- Mano de obra: dentro del proceso de producción, se cuenta con treinta y cinco trabajadores que no reciben capacitación oportuna de parte de la empresa, trabajan por conocimiento propio y por la experiencia que han adquirido en el transcurso del tiempo. Los encargados de cada proceso no actualizan sus conocimientos para mejorar el diseño, estilo y confort de la prenda de vestir; por ello, la empresa no logra satisfacer la demanda del mercado.

**Figura 2**  
*Diagrama causa-efecto*



Por lo general, la mayoría de trabajadores no se encuentran incentivados para el debido uso de los equipos de protección personal (EPP) pudiendo causar riesgos a su integridad física y daños materiales. También la falta de control genera una desorganización en la empresa donde el personal se encuentra desmotivado por bajo salario y pocos incentivos.

- Medioambiente: dentro del proceso de producción no se cuenta con áreas de trabajo adecuadas, debido a que el espacio es insuficiente para las dimensiones de las materias primas, como son los rollos de tela cruda que deben estirarse en los rodillos metálicos para verificar que no tengan fallas ni imperfecciones en algún punto.

La deficiente iluminación genera falta de precisión en el diseño de prototipos de corte o cosido; y la falta de ventilación puede ocasionar daños de salud a los trabajadores, ya que la mezcla de los químicos es muy tóxica.

- Método: el proceso de producción no está estandarizado, por la falta de organización, control de calidad, control de tiempos en los puestos de trabajo (tomando en consideración los recursos que se tienen como materiales) y talento humano, lo que provoca ineficiencias en la producción sin poder alcanzar un desarrollo sostenible de esta.
- Maquinaria: las máquinas y herramientas que se utilizan no tienen el debido mantenimiento periódico, lo que origina daños o fallas inesperadas. Estos procesos no cuentan con las máquinas y herramientas necesarias, pues son utilizadas en distintas áreas y no están a disposición inmediata; por ello ocasionan retrasos en el trabajo. Estas máquinas y herramientas deberían tener planes de mantenimiento, ya que existen muchos retrasos de producción por fallas o daños que sufren inesperadamente.
- Materia prima: el jefe de bodega se encarga del trabajo de inspección y selección de las materias primas. Y lo hace mediante modelos de control y guías de inspección, para verificar que la condición de los materiales que ingresan al almacén sea la necesaria y adecuada. Visualmente verifica, como parámetros, que el material no esté cortado, mal doblado o en mal estado; asimismo, ve cómo se distribuyen los insumos (hilos cierres, botones, cinta reflectiva) desde el jefe de bodega hacia el jefe de área que los entrega a cada trabajador, según requerimientos productivos. Este sistema busca evitar el mal uso y el desperdicio; en consecuencia, pérdidas económicas a la empresa.

### Estudio de tiempos

En la Tabla 4, se representan las doce actividades; a cada una se le realizó una muestra de diez observaciones preliminares, según la ecuación 2. Ya en la Tabla 5, se determina el tiempo estándar.

**Tabla 4**  
Cálculo de observaciones

N	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	Recepción de MP	3	3,20	3,4	3,1	3,45	3,1	3,42	3,1	3	3,5		
2	Control de calidad	6,3	6,25	6,5	5,5	5,57	5,4	6,15	6,2	6,1	6		
3	Almacenamiento de MP	4,15	4,2	4,25	4	4,3	4,21	4,1	4	3,51	4,3		
4	Diseños moldes	5,52	5,1	5,23	5	5,2	5,3	5	5,38	5,4	5,5		
5	Corte	10,2	9,49	10,1	10,2	9	9,5	10,2	10,2	9,56	10		
6	Cosido	40,6	41,5	38,4	41,1	40,5	40,5	39,6	40,4	41	40,6		
7	Control de calidad	6,15	6,2	5,55	6,32	5,5	6,1	5,4	6,2	6,15	6		
8	Lavado y secado	20,6	19,2	19,1	20,6	20,5	20,2	19,3	20,5	20,5	19,4		
9	Terminado	18,4	18,5	17,4	17,5	18,2	18,2	18,3	17,6	18,5	17,4		
10	Control de calidad	10	9,5	9,45	10,3	10,3	9,55	10,3	10,3	9,4	10,6		
11	Doblado y empaquetado	12,3	11,4	11,6	12,3	12,4	12,2	12,3	12	12,4	11,5		
12	Almacenado producto final	3,2	3	3,1	3,5	3,12	3,25	3,14	3,18	3,4	3,31		
N	$\Sigma X$	$1^2$	$2^2$	$3^2$	$4^2$	$5^2$	$6^2$	$7^2$	$8^2$	$9^2$	$10^2$	$\Sigma X^2$	n
1	32,3	9,00	10,24	11,56	9,61	11,90	9,61	11,70	9,61	9,00	12,25	104,48	5,279
2	60	39,69	39,06	42,25	30,25	31,02	29,16	37,82	38,44	37,21	36,00	360,91	5,649
3	41	17,22	17,64	18,06	16,00	18,49	17,72	16,81	16,00	12,32	18,49	168,76	4,708
4	52,6	30,47	26,01	27,35	25,00	27,04	28,09	25,00	28,94	29,16	30,25	277,32	1,883
5	98,4	104,24	90,06	102,21	103,02	81,00	90,25	104,04	103,23	91,39	100,00	969,45	2,621
6	404	1.644,30	1.718,10	1.474,56	1.689,21	1.638,63	1.636,20	1.564,20	1.632,16	1.681,00	1.644,30	16.322,67	0,660
7	59,6	37,82	38,44	30,80	39,94	30,25	37,21	29,16	38,44	37,82	36,00	355,89	4,650
8	200	423,12	368,64	364,81	422,71	420,25	406,02	370,56	418,20	418,20	374,42	3.986,95	1,500
9	180	338,56	340,40	302,76	306,25	329,42	331,24	333,06	308,00	342,25	302,76	3.234,71	0,943
10	99,6	100,00	90,25	89,30	105,06	106,09	91,20	105,27	104,50	88,36	111,30	993,34	2,779
11	120	151,29	129,96	133,40	151,29	153,76	149,57	151,78	144,00	153,76	132,25	1.451,07	1,602
12	32,2	10,24	9,00	9,61	12,25	9,73	10,56	9,86	10,11	11,56	10,96	103,89	3,102

Nota: Área de producción de la empresa

De la Tabla 4, luego de aplicar la ecuación [2], se establece que el número máximo de observaciones (n) es de 5,64; es decir, seis observaciones (n); en la Tabla 5, se procede a calcular el tiempo estándar partiendo de  $n = 6$ .

Con el cálculo del tiempo estándar (TE) en cada una de las etapas del proceso se puede evidenciar que el TE varía de 4,01 minutos en la etapa de recepción de materia prima (MP) hasta 49,06 minutos en la etapa de cosido. Considerando que es un proceso continuo (una etapa tras otra), se puede evidenciar que las etapas de cosido, lavado y secado, y terminado requieren más tiempo para su ejecución. En la evaluación del proceso se determinó que los factores de producción influyen en los tiempos del proceso y, por ende, en su productividad. Los elementos del proceso (mano de obra, método, materia prima, medioambiente, máquinas) intervienen en la calidad del producto para poder alcanzar la productividad planteada (Burgos, Villacrés & Cabrera, 2022).

El cálculo del tiempo estándar (TE) permitió conocer los tiempos de duración del proceso. Considerando que los elementos del proceso influyen en la productividad, si estos elementos se identifican, entonces se podrían controlar (Mora García, 2012). Para esto es necesario actuar sobre ellos; entonces, resulta fundamental contar con los valores del tiempo estándar (TE).

### **Diseño de procedimiento de calidad**

El objetivo del procedimiento es aplicar la mejora continua del proceso consiguiendo reducir los cambios en sus variables (tiempo, cantidad de tela empleada) y así asegurar que se realizan de forma controlada y efectiva (reducción de la variabilidad del proceso). Estableciendo un sistema de control adecuado y eficaz, se permite evaluar las decisiones adoptadas en el proceso de producción y verificar que cumplen los atributos de calidad predefinidos en el procedimiento planteado. Ha de aclararse que la empresa no cuenta con un sistema de gestión de calidad (SGC), bajo la norma ISO 9001:2015. Sin embargo, el procedimiento desarrollado en su momento puede incorporarse a este sistema si la alta gerencia decidiera implementar un SGC.

Mediante este procedimiento, se pretende ofrecer una imagen fiable de la calidad de la actividad que se realiza en el proceso de producción cumpliendo estrictamente con los reglamentos y normas técnicas. Se deben adoptar las medidas preventivas y correctivas necesarias para conseguir mejoras en esos ámbitos.

Se utiliza como referencia la norma ISO 9001:2015. Las responsabilidades se centran en el jefe de bodega, responsable de la recepción y ubicación adecuada de la materia prima e insumos. Además, es el encargado de controlar que todo esté en perfecto estado y que se cumpla con las especificaciones de la orden de compra. En tanto, el jefe de planta es el encargado de planificar las actividades que se requieran en este proceso.

**Tabla 5:**  
Cálculo del tiempo estándar

N	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	Promedio	Habilidad	Esfuerzo	Factor de calificación	Tiempo normal	Suplemento	Tiempo estándar (TE)
1	Recepción de MP	3	3,20	3,4	3,1	3,45	3,23	0,06	0,08	1,14	3,68	0,09	4,01	
2	Control de calidad	6,3	6,25	6,5	5,5	5,57	5,4	0,05	0,04	1,09	6,45	0,09	7,03	
3	Almacena de MP	4,15	4,2	4,25	4	4,3	4,18	0,04	0,06	1,1	4,60	0,09	5,01	
4	Diseños moldes	5,52	5,1				5,31	0,08	0,05	1,13	6,00	0,09	6,54	
5	Corte	10,2	9,49	10,1			9,94	0,08	0,06	1,14	11,33	0,09	12,35	
6	Cosido	40,6					40,55	0,06	0,05	1,11	45,01	0,09	49,06	
7	Control de calidad	6,15	6,2	5,55	6,32	5,5	5,94	0,04	0,04	1,08	6,42	0,09	7,00	
8	Lavado y secado	20,6	19,2				19,89	0,05	0,06	1,11	22,07	0,09	24,06	
9	Terminado	18,4					18,40	0,06	0,05	1,11	20,42	0,09	22,26	
10	Control de calidad	10	9,5	9,45			9,65	0,06	0,04	1,1	10,62	0,09	11,57	
11	Doblado y empaquetado	12,3	11,4				11,85	0,04	0,05	1,09	12,92	0,09	14,08	
12	Almacenado producto final	3,2	3	3,1			3,10	0,03	0,04	1,07	3,32	0,09	3,62	

Nota. Área de producción de la empresa.

Finalmente, el jefe de área es el responsable de asignar a sus operarios las tareas a realizar en el proceso de producción, Tabla 6.

**Tabla 6**

*Matriz de responsabilidades*

#	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE		
		PLANIFICAR	ASIGNAR	CONTROLAR
1	Jefe de planta	X		
2	Jefe de área		X	
3	Jefe de bodega			x

**Tabla 7**

*Detalle de formatos generados*

CÓDIGO	NOMBRE
CM-CQ -01	Registro de control de calidad
CM-CQ -02	Orden de producción
CM-CQ -03	Reporte de producción

Para una planificación de control de calidad en el proceso de producción, el jefe de planta, con la ayuda del jefe de área, realizará controles de calidad e inspecciones. Además, brindará informes trimestrales que aportarán al análisis para verificar las mejoras o incidencias negativas que ocurran en la producción. El jefe de área realizará un registro de control de calidad con el formato CM-CQ-01, que sirve como un seguimiento de los problemas que se dan continuamente en el proceso de producción. Su finalidad es encontrar solución a las fallas y evitar retrasos de producción, así como detectar productos finales de baja calidad.

Se realizará un análisis más general cada trimestre de producción calculando los niveles de rendimiento de los procesos. Con ello se pretende encontrar oportunidades de mejora analizando las causas para, finalmente, plantear propuestas como acciones preventivas para evitar futuras fallas o retrasos en la producción.

### **La ejecución y control**

El jefe de área solicita al jefe de bodega el pedido adecuado de la materia prima e insumos. Inmediatamente después, el jefe de planta, con ayuda del jefe de área, realiza los controles necesarios y verifica que la materia prima a utilizarse cumpla con los requisitos de calidad y disponibilidad para ejecutar la orden de producción con formato CM-CQ-02. En caso contrario, será rechazada.

El jefe de área es el responsable de revisar, verificar, controlar y aprobar que los procesos de producción cumplan con los parámetros adecuados, tanto de las dimensiones de corte de la materia prima como del cosido de piezas, lavado y terminado.

Los informes e indicadores son controlados por el jefe de planta de forma mensual, con la fuente de registro del control de calidad. El indicador es el índice de calidad, que es igual a producción, acorde con el diseño/producción con defectos.

Con el diseño y el uso adecuado del procedimiento, se contribuye a estandarizar el proceso productivo. La estandarización de los procesos reduce su variabilidad de parámetros; entre ellos, el tiempo de duración (tiempo estándar TE). Si el tiempo estándar se reduce, entonces se incrementa la productividad. Y, por otro lado, la estandarización influye sobre la calidad del producto (a mayor estandarización, mayor calidad del producto) (Chacón & Rugel, 2018).

#### 4. DISCUSIÓN

A través de las dimensiones analizadas en el presente estudio, se reflejan resultados poco favorables. Considerando la estandarización de los procesos de producción evaluados de ropa industrial en la ciudad de Pelileo, se pudo encontrar una baja calidad del producto que oferta la empresa objeto de estudio. Esto se ve reflejado por la propia percepción de los clientes internos, quienes manifestaron desmotivación y falta de capacitación para poder generar productos de calidad que les permitan competir en un mercado con notoria exigencia.

En relación con los resultados encontrados, se procede a realizar una analogía con estudios similares, llevados a cabo por otros investigadores. Se observó que las empresas se enfocaron en garantizar una mayor cobertura en el mercado de la industria del jean por ser más competitiva, con la finalidad de estandarizar los procesos. Sin embargo, en el territorio nacional, la balanza comercial continúa siendo negativa, lo cual pone en evidencia la necesidad de adoptar estrategias de competencia dentro y fuera del país que posicionen la industria nacional e incentiven su producción (Santamaria-Quishpe & Cárdenas, 2023). Se pudo encontrar en algunos estudios que los procesos de producción en la industria de transformación ecuatoriana han sido un tema complejo al que no se le ha dado la importancia que amerita (Ibujés Villacís & Benavides Pazmiño, 2018).

En esta investigación, también fue fundamental la evaluación del proceso de producción mediante encuestas a clientes internos y externos, pues permitieron conocer la aceptación de los productos y la evaluación en los procesos de producción aplicando el enfoque de las cinco "M", lo que genera resultados favorables al encontrar las deficiencias en los procesos de producción para implementar acciones correctivas, de manera inmediata y efectiva, en los puntos críticos definidos.

En otros estudios, se enfocaron en la productividad con similar uso de herramientas al de esta investigación, como el diagrama de Ishikawa y el método de las cinco "M", el análisis de procesos y la estandarización de las tareas mediante diagramas de procesos de operaciones y bimanuales, así como estudios de tiempos por cronómetro. Así se comprobó que la aplicación de estas herramientas mejora los procesos e incrementan la productividad (Andrade et al., 2019). Esto permitiría inferir un resultado parecido en la empresa objeto de estudio, a lo que se añade el valor que le incorpora el diseño del procedimiento de calidad; valor relacionado con la reducción de la variabilidad del proceso y, en consecuencia, el incremento de la calidad del producto.

## 5. CONCLUSIONES

A través del estudio, en el que participaron clientes internos y externos de la empresa Álvaro's Jeans, se encontró notoria insatisfacción por parte de los trabajadores o clientes internos. Ellos se encuentran en áreas de trabajo inadecuadas, debido a espacio insuficiente para la producción, carencia de capacitación y motivación por parte de los líderes de la empresa.

Se pudo comprobar que la calidad del producto que oferta la empresa no cumple con los niveles óptimos ni con la media estándar para ser competitivo en el mercado. Esto, como producto de un proceso de producción no estandarizado, debido a la falta de organización y control de tiempos en los puestos de trabajo.

Es relevante considerar que el desarrollo de un procedimiento de control de calidad permitiría conseguir, de forma efectiva, un buen producto final, debido a que se definen y estandarizan ciertos parámetros (tiempos del proceso, cantidad de material a emplear, materia prima y responsables de ejecutar las acciones). Por otra parte, con el procedimiento se resuelve la falta de mecanismos de inspección, control y monitoreo de los defectos del producto (Sablón-Cossío et al., 2021). El procedimiento diseñado ha permitido tomar decisiones sobre la eliminación de deficiencias y variabilidad de los procesos productivos.

El estudio de tiempos y la implementación del procedimiento de control de calidad apuntan a la búsqueda de oportunidades de mejora en el diseño y funcionamiento de los procesos, al potenciar la estandarización e incrementar el desempeño de las operaciones. Además, se enfocan en el cumplimiento de las especificaciones de calidad del producto.

## REFERENCIAS

- AITE. (2022). *Asociación de Industrias Textiles del Ecuador*. <https://www.aite.com.ec/>.
- Amaluisa Peñaranda, S. (2019). Bajo nivel de crecimiento de la industria textil ecuatoriana: ¿Elevada concentración industrial o problemas productivos estructurales? *Boletín de Coyuntura*, 1(21), 13. <http://dx.doi.org/10.31164/bcoyu.21.2019.691>
- Andrade, A. M. A., Del Río, C., & Alvear, D. L. (2019). Estudio de tiempos y movimientos para incrementar la eficiencia en una empresa de producción de calzado. *Información Tecnológica*, 30(3), 83-94. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000300083>
- Burgos, C., Villacrés, P., & Cabrera, M. S. W. (2022). El calzado de seguridad en el Ecuador, factores que inciden en la calidad del producto y en la productividad de las organizaciones. *Novasinería, revista digital de ciencia, ingeniería y tecnología*, 5(1), 61-82. <https://doi.org/10.37135/ns.01.09.05>
- Carrillo, D. (2010). *Diagnóstico del sector textil y de la confección* (p. 14). <https://www.uasb.edu.ec/observatorio-pyme/wp-content/uploads/sites/6/2021/04/TEXTIL-1.pdf>
- Chacón, J. & Rugel, S. (2018). Artículo de revisión. Teorías, modelos y sistemas de gestión de calidad. *Revista ESPACIOS*, 39(50). <https://www.revistaespacios.com/a18v39n50/18395014.html>
- De-Lira-Martínez, M. F., & Romero-Guerrero, J. A. (2022). Comparación de técnicas utilizadas para la determinación de muestras necesarias para el estudio de tiempos. *PÄDI boletín científico de ciencias básicas e ingenierías del ICBI*, 10(19), 30-41. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10i19.9189>
- Duana Avila, D., Hernández Gracia, T. J., & Torres-Flórez, D. (2021). Competitividad de la industria textil ante la pandemia de COVID-19. *Revista Venezolana de Gerencia*, 26(6), 318-332. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.26.e6.19>
- Ekos, N. (2018). *Sector textil, el segundo en generar más empleo manufacturero en el país*. <https://ekosnegocios.com/articulo/sector-textil-el-segundo-en-generar-mas-empleo-manufacturero-en-el-pais#:~:text=El%20sector%20textil%20es%20el,Industria%20y%20Productividad%2C%20Santiago%20Le%C3%B3n>
- Férez, S. (2012). *Estudio de tiempos y movimientos para la empresa Chao Yannelli*. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/678298>
- Ibujés Villacís, J. M., & Benavides Pazmiño, M. A. (2018). Contribución de la tecnología a la productividad de las pymes de la industria textil en Ecuador. *Cuadernos de Economía*, 41(115), 140-150. <https://doi.org/10.1016/j.cesjef.2017.05.002>
- Imesun. (2016). Mejore su negocio: el recurso humano y la productividad. *Oficina Internacional del Trabajo*. <https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/>

public/---ed\_emp/---emp\_ent/---ifp\_seed/documents/instructionalmaterial/wcms\_553925.pdf

- Industria Textil - La Ciencia Económica*. (n. d.). 2023, 7 de febrero. <https://www.lacienciaeconomica.com/industria-textil/>
- López-Juárez, P., & Rodríguez Suárez, P. (2016). El liderazgo de los países asiáticos en el sector del vestido: repercusiones para América Latina. *Revista de Ciencias Sociales. Facultad de Derecho y Ciencias Sociales*, 10(40), 152-175. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-69162016000200152#:~:text=China%20y%20los%20pa%C3%ADses%20asi%C3%A1ticos,considerable%20de%20fuentes%20de%20empleo](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-69162016000200152#:~:text=China%20y%20los%20pa%C3%ADses%20asi%C3%A1ticos,considerable%20de%20fuentes%20de%20empleo)
- Mejía Carrera, S. & Rau Álvarez, J. (2019). Análisis y propuesta de mejora para la implementación de herramientas de manufactura esbelta en la línea de confecciones de una empresa textil. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2019-July*(July 2019), 24-26. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.236>
- Mora García, L. A. (2012). *Indicadores de la gestión logística*. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ItzDDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT9&dq=lo+que+no+se+mide+no+se+puede+controlar&ots=ppEm5-A8d3&sig=NhwOfLyzi5SSgRhsuGQrFowsiRE#v=onepage&q=lo+que+no+se+mide+no+se+puede+controlar&f=false>
- Moreno Marcial, P. E., & Santos Méndez, M. M. (2022). Optimización de procesos de producción en medianas empresas del sector textil. *RECIAMUC*, 6(1), 226-234. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(1\).enero.2022.226-234](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(1).enero.2022.226-234)
- Morillas, A. (2004). Muestreo en poblaciones finitas: curso básico. *Muestreo En Poblaciones Finitas*, 30. [https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2010/1/IN3401/1/material\\_docente/bajar?id\\_material=280296](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2010/1/IN3401/1/material_docente/bajar?id_material=280296)
- Obando, L., & Cortés, C. (2002). La industria textil en Centroamérica. <https://docplayer.es/14639373-La-industria-textil-en-centroamerica.html>
- Rincón de Parra, H. (2001). Calidad, productividad y costos: análisis de relaciones entre estos tres conceptos. *Actualidad Contable Faces*, 4(4), 49-61. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25700405>
- Sablón-Cossío, N., Crespo, E. O., Pulido-Rojano, A., Acevedo-Urquiaga, A. J., & Ruiz Cedeño, S. M. (2021). Análisis de integración de la cadena de suministros en la industria textil en Ecuador. Un caso de estudio. *Ingeniare*, 29(1), 94-108. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-33052021000100094](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052021000100094)

- Sales, M. (2012). Diagrama de Pareto. *Ealde Business School*, 1-8. [https://www.academia.edu/23719178/Diagrama\\_de\\_Pareto](https://www.academia.edu/23719178/Diagrama_de_Pareto)
- Santamaría-Quishpe, G. P., & Cárdenas, M. M. (2023). La asociatividad en las organizaciones textiles del cantón Latacunga. *Revista de investigación Sigma*, 10(01). <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/Sigma/article/view/2917>
- Sociedad Latinoamericana para la Calidad. (2000). Lluvia de Ideas. *Sociedad Latinoamericana Para La Calidad*, 1(1), 1-3.
- Suñe, A., Gil, F., & Postils, I. A. (2004). Manual práctico de diseño de sistemas productivos. Google books (p. 294). [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=AkR\\_hCGsTIUC&oi=fnd&pg=PR13&dq=maquinas,+mano+de+obra,+métodos,+materiales+y+medio+ambiente\),+las+cuales+constituyeron+las+categorías+principales+para+agrupar+las+causas+atribuibles+al+problema+principal,+pos](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=AkR_hCGsTIUC&oi=fnd&pg=PR13&dq=maquinas,+mano+de+obra,+métodos,+materiales+y+medio+ambiente),+las+cuales+constituyeron+las+categorías+principales+para+agrupar+las+causas+atribuibles+al+problema+principal,+pos)
- Valverde Chifla, D. M. (2017). Control de calidad en los procesos y su influencia en la productividad de las pymes textiles del Cantón San Pedro de Pelileo. [Tesis de licenciatura]. Repositorio institucional de la Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26577/1/412%20o.e..pdf>
- Velásquez, G. (2012). *Administración de los sistemas de producción* (6.ª ed.). Editorial Limusa. <http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/05709.pdfv>



# ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE YOGUR GRIEGO DE UNA EMPRESA PERUANA MEDIANTE HERRAMIENTAS *LEAN* (5S)\*

GIANCARLO LARA ESPINOZA\*\*

<https://orcid.org/0000-0001-9721-9479>

Universidad de Lima, Facultad de Ingeniería, Lima, Perú

RODRIGO ALONSO JURADO GUERRERO

<https://orcid.org/0000-0001-6104-9914>

Universidad de Lima, Facultad de Ingeniería, Lima, Perú

Recibido: 18 de enero del 2023 / Aceptado: 15 de febrero del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n44.6234>

**RESUMEN.** El propósito de la investigación se centró en la aplicación de la metodología *Lean* 5S en el proceso de manufactura de yogur griego de una empresa peruana, a fin de poder analizar y proponer una cultura de mejora continua. Esta metodología está compuesta por cinco fases: clasificar, organizar, limpiar, estandarizar y mantener. Se aplicaron diversas herramientas de ingeniería, tales como diagrama de operaciones del proceso, diagrama de recorrido, estudio de tiempos, VSM, matriz carga-distancia. La investigación dio como resultados una disminución de tiempos de producción con indicadores como reducción del 40 % en la matriz carga-distancia, reducción de tiempo de recorrido de 36,8 %, reducción de tiempo de preparación en un 64,4 % y un *lead time* mejorado en un 21,52 %. Además, la productividad mejoró en 65,94 %, con una mayor eficacia de producción en 15 %.

**PALABRAS CLAVE:** producción / industria láctea / procesos de fabricación / procesos de mejora continua / producción eficiente / yogur / Perú

---

\* Este estudio no fue financiado por ninguna entidad.

\*\* Autor corresponsal.

Correos electrónicos en orden de aparición: roa2099@gmail.com; glaraespnz99@gmail.com

## ANALYSIS AND IMPROVEMENT PROPOSAL FOR GREEK YOGHURT PRODUCTION IN A PERUVIAN COMPANY EMPLOYING LEAN TOOLS (5S)

**ABSTRACT.** The purpose of this investigation was to apply the Lean 5S methodology to the Greek yoghurt production process of a Peruvian microenterprise with the aim of analyzing and propose improvements in order to promote a culture of continuous improvement. The methodology comprises the 5 stages of sort, set in order, shine, standardize and sustain. Several engineering tools were applied to this end, such as a process operations diagram, route diagram, time study, VSM and Load/Distance Matrix. The research achieved a reduction in production time, with indicators such as a 40 % reduction in the load-distance matrix, a 36,8 % reduction in travel time, a 64,4 % reduction in preparation time and an improved lead time by 21,52 %. In addition, productivity saw an increase of 65,94 % as well as 15 % higher production efficacy.

**KEYWORDS:** production / milk industry / manufacturing processes / continuous improvement process / Lean manufacturing / yoghurt / Peru

## INTRODUCCIÓN

Malpartida Gutiérrez y Tarmeño Bernuy (2020) afirman que, en un mundo moderno, cambiante y altamente competitivo, a causa de la globalización continua, las distintas organizaciones deben suplir requisitos mínimos en sus procesos para garantizar su supervivencia y el cumplimiento con los estándares que el mercado demanda (p. 52). Por ello, Vargas-Hernández et al. (2018) señalan que las organizaciones implementan distintas herramientas para incrementar su eficiencia y eficacia en la actividad que desempeñan, y obtener así el beneficio de ser elegidos por el consumidor (p. 82). El éxito competitivo incide en factores internos como la tecnología, la innovación, los recursos comerciales, los recursos humanos, aspectos financieros, la cultura y la calidad del producto o servicio (Rangel-Magdaleno, 2018, p. 40).

Según Castillo (2010), las pymes de la actualidad tienen problemas muy diversos como la innovación y el diseño limitado, altos costos de producción y financiamiento, la forma de organización, la incapacidad de inversión en tecnologías y estrategias, además de debilidades como el desconocimiento de sistemas de calidad y la resistencia al cambio (como se cita en Rangel-Magdaleno, 2018, p. 40).

Sin ser ajenas a esta realidad, Alcocer Quinteros et al. (2020) mencionan que las pequeñas empresas dedicadas a la elaboración de productos lácteos presentan estos tipos de falencias, como son, por ejemplo, pérdidas de tiempo en la línea de producción y en la elaboración del producto terminado. Esto da como resultado una demanda insatisfecha en su totalidad (p. 104). Asociado a ello, Aranda Gutiérrez et al. (2012) sostienen que las causas de mortandad de las pymes en el sector lácteo, en países de América Latina y el Caribe, identifican la ausencia de un sistema de trabajo basado en la mejora continua y obstáculos para acceder a la tecnología necesaria (p. 850).

Por ello, orientar a las pymes sobre el uso de metodologías de mejora continua facilita el desarrollo de sus procesos dentro de las organizaciones, de manera efectiva, sencilla y práctica (Meraz Rivera et al., 2021, p. 14). Es así cómo, en ese afán de lograr un mejoramiento continuo, Malpartida Gutiérrez y Tarmeño Bernuy (2020) indican que las empresas manufactureras adoptan un sistema de *lean manufacturing* (p. 52).

La filosofía *lean manufacturing* contribuye a la promoción y práctica del trabajo eficiente y libre de desperdicios en cada etapa del proceso productivo (Viteri Moya et al., 2016). Además, Anderson y Bozheva (2019) afirman que estas herramientas surgen para satisfacer la necesidad de las organizaciones tecnológicas para responder a los cambios frecuentes en su demanda, aparte de facilitar el trabajo en equipo (p. 9).

Esto cobra mayor importancia particularmente cuando el sistema de producción crece y la cantidad de producción aumenta; la implementación de manufactura esbelta asegura que, al eliminar todos los elementos de desperdicio en el proceso de fabricación,

la producción es más sólida, productiva y eficaz, con un mínimo de mano de obra, al consumir lo mínimo en recursos (Arslankaya y Atay, 2015).

La gestión y aplicación de un sistema de herramientas de manufactura esbelta opera con el mínimo de actividades posibles, a fin de evitar aquellas que no aportan valor añadido. De tal manera, se puede alcanzar una mayor eficiencia en los procesos, como, por ejemplo: la disminución de tiempos perdidos hasta en un 50 %, la reducción de mermas de producción en un 7 % y ahorros en la mano de obra y costes (Martínez Zafra, 2013, pp. 6-53). Por otro lado, ahorros de dinero en una tasa de costo beneficio de 1,7 y mayor producción en un 14,6 % (Viteri Moya et al., 2016, pp. 3-11).

Estas herramientas de manufactura, como indican Silva et al. (2011), pueden aplicarse en cualquier tipo de industria y generar distintos beneficios (p. 4014). Estudios en el sector alimenticio indican, según Gamboa Ruíz et al. (2015), que, con la metodología *lean*, se lleva a cabo una medición continua de los procesos por medio de indicadores y seguimiento a tareas, lo que permite la identificación y acciones a realizar sobre las necesidades más inmediatas, como excedentes de producción y posibles desperdicios, dando como resultado una mejora de 20 % a 50 % (pp. 24-37).

Según Huertas Soria (2019), al identificar las causas por las cuales una línea de producción presenta una baja productividad, se concluye que la implementación de las herramientas 5S y Kanban permitirá mejorar los niveles de producción en un 88,8 %, con relación a los tiempos, y un 15,2 % en eficiencia de materia prima (pp. 142-143).

European Commission (2016), en el evento de alto nivel denominado FOOD 2030: Research and Innovation for Tomorrow's Nutrition and Food Systems, destacó la necesidad de adoptar distintos enfoques en nuestros sistemas alimentarios; es decir, más sostenibles, resilientes, responsables, diversos, competitivos e inclusivos. Para ello, según Charalampopoulos (2018), se deberían adoptar distintas acciones, incluido el aumento en la producción total, mejorar los procesos y canales de distribución, reducir el desperdicio de alimentos, entre otros. El uso de herramientas *lean*, como 5S y JIT, junto con metodologías como el Value Stream Mapping (VSM), ayudan a indentificar necesidades para lograr dichos enfoques (De Steur et al., 2016). De igual forma, Reis et al. (2019) indican que el uso de herramientas como el diagrama de Ishikawa brinda una guía de cómo proceder con la implementación de soluciones. Rahman et al. (2010) enfatizan la idea de que el uso eficiente de estas herramientas, junto con un fuerte compromiso y enfoque de parte de los trabajadores, mide el factor de éxito de una compañía.

La presente investigación se enfoca en una empresa peruana fundada en 1984, dedicada a la producción artesanal y comercialización de yogur griego. En los últimos años, esta empresa presentó un decrecimiento considerable en sus ingresos (38,7 % en el 2020), además de un aumento en los costos de producción debido a la coyuntura del COVID-19 (12 % en materias primas y 10 % en costos de transporte). También dejó

ver una falta de estandarización en sus procesos y presencia de desperdicios en la cadena de producción. La empresa busca maximizar su productividad actual de 84 % y competitividad en el sector que opera.

Por ello, el principal motivo que impulsó a la investigación se centra en la falta de resiliencia del sector pyme, debido a que en el Perú no existe una cultura de mejora continua. Por lo que deja en evidencia la falta de productividad y visión en la gestión de procesos eficientes. En tal sentido, el objetivo de esta investigación es analizar el proceso de producción de yogur griego de la empresa, a fin de organizar y estandarizar dichas áreas de trabajo mediante el uso de alguna herramienta *lean*, brindar una forma distinta de realizar las labores diarias coordinadas con sus objetivos e instaurar una cultura de procesos de mejora continua.

## METODOLOGÍA

El estudio presentó un diseño experimental, debido a que, para proceder con la recopilación de la información y poder realizar un análisis del caso, se manipuló con las variables de manera directa (Bernardo & Caldero, 2000). Su tipo es aplicado, ya que se realizó la aplicación de acciones según la información encontrada (Cívicos y Hernández, 2007, pp. 37-38). El alcance de la investigación fue descriptivo y explicativo, con el objetivo de entender y describir el proceso, y aplicar mejoras con base en el análisis realizado (Hernández Sampieri et. al, 2014, pp. 92-96). El enfoque fue de carácter mixto, debido a que se recolectaron y analizaron los datos cuantitativos y cualitativos a lo largo del estudio. La orientación de este análisis es con fines de mejora de procesos para la producción.

La técnica implementada fue de observación, pero de manera cualitativa, ya que se adentró en la situación manteniendo un papel activo en los hechos (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 399). Los instrumentos utilizados fueron flujogramas del proceso, diagramas variados, guía de preguntas, visitas, grabaciones de video y registros de seguimiento y aprendizaje. Esto sirvió para obtener los diferentes datos (tiempo, lotes, obsoletos) que existen en el proceso.

Las variables estudiadas fueron herramientas *lean* (independiente) y proceso de producción (dependiente). Se estudió la línea de producción con su infraestructura (maquinaria y equipos), la organización de la empresa y lote crítico de producción al día. Por ello se enfocó en la eficiencia y eficacia como principales indicadores y en un estudio de tiempos para conocer las duraciones de las actividades (Velasco Sánchez, 2014).

Uno de los pilares dentro del sistema *lean manufacturing* es la metodología 5S, la cual está compuesta por cinco fases: clasificar (Seiri, fase 1), organizar (Seiton, fase 2), limpiar (Seiso, fase 3), estandarizar (Seiketsu, fase 4) y seguir mejorando (Shitsuke, fase 5) (Vargas Crisóstomo & Camero Jiménez, 2021).

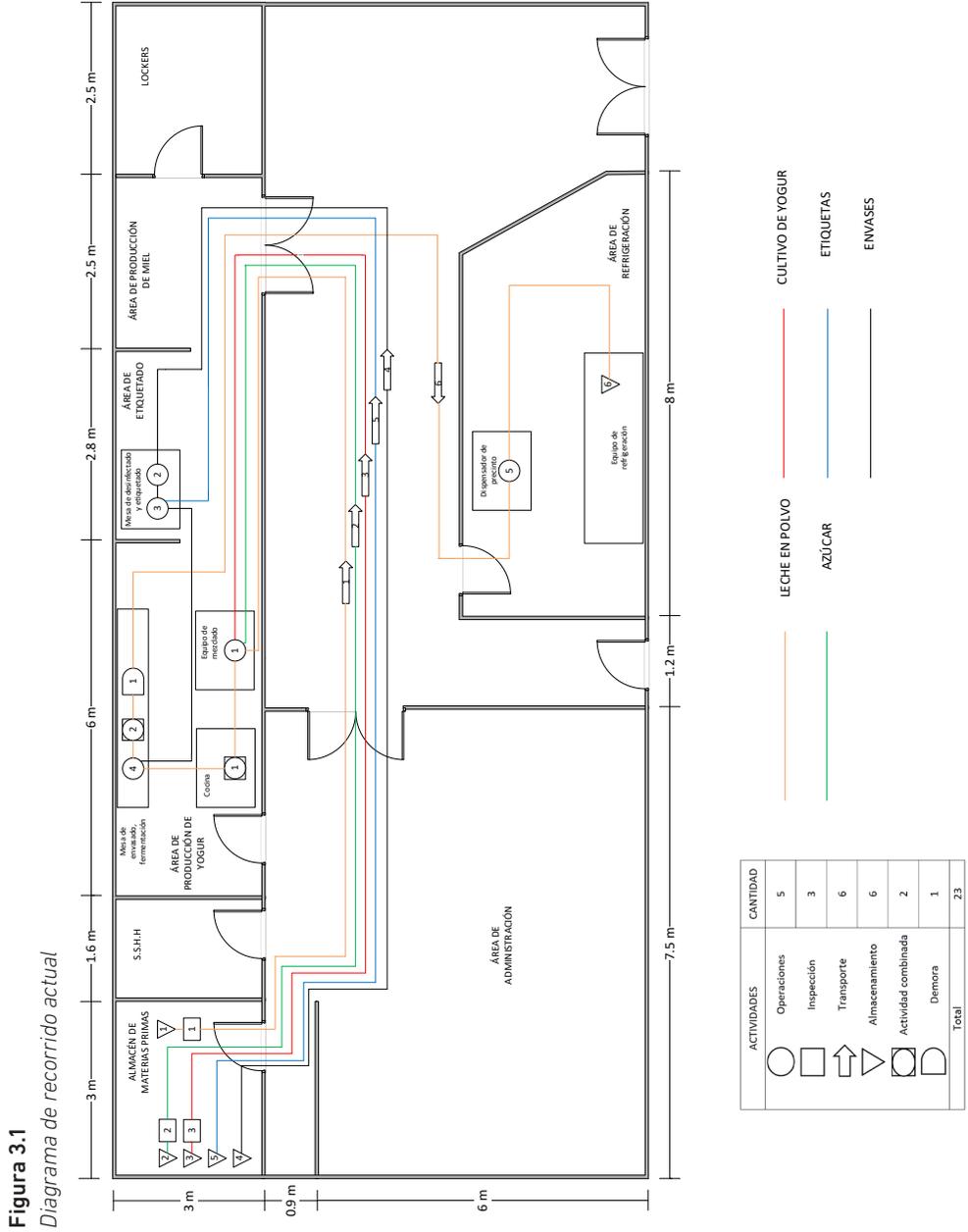
Antes de iniciar con la implementación de la metodología 5S, se realizó el diagrama de operaciones del proceso, diagrama de recorrido, la data de la producción mensual, un estudio de tiempos, VSM y carga-distancia para conocer todas las actividades desarrolladas en el área de estudio. Posteriormente, se hizo una auditoría previa, a fin de conocer la situación actual del área en estudio. Además, se realizó el diagrama de Ishikawa para identificar la causa raíz de los problemas de la empresa.

Para el desarrollo de las 5S en la primera fase, se aplicó el uso de las tarjetas de color para marcar dentro del sitio de trabajo (área de producción y almacenes) y ver si había materia/herramientas innecesarias, a fin de tomar una acción correctiva. Se emplearon el color amarillo, para indicar un problema de contaminación, y el rojo si no estaba relacionado con el trabajo, como envases de alimentos, muebles innecesarios, elementos de seguridad, etc. En la segunda fase, se recurrió al análisis del diagrama de recorrido para evaluar el flujo del proceso y, posteriormente, redistribuir las áreas. La tercera fase estuvo marcada por la limpieza y el seguimiento de su cumplimiento. En la cuarta fase, se planteó la recomendación de nueva maquinaria para aumentar la eficacia y eficiencia en la elaboración del producto y complementar el objetivo de mantener y mejorar, de manera continua, las anteriores fases. Finalmente, en la última fase, se cumplió con la capacitación y la asignación de un comité 5S, encargado de presentar recomendaciones y sugerencias futuras.

## RESULTADOS

El proceso de producción de yogur comienza con la materia prima (leche en polvo) previamente pesada, partiendo del almacén hacia la cocina donde se precalienta junto con agua, para luego ser mezclada con los cultivos de yogur y el azúcar, que también fueron previamente pesados. Luego de un tiempo, en el que el producto se enfrió, es envasado en sus presentaciones de 6 onzas y 1 litro, y son dejados en reposo para la fermentación del yogur. Dichos envases son esterilizados y preparados previamente por un operario. Finalmente, el yogur ya envasado es sellado y llevado al almacén para su refrigeración, para luego ser distribuido.

En el diagrama de recorrido actual, siguiendo el proceso descrito anteriormente (Figura 3.1), se puede evidenciar que no se aplican dos principios importantes de disposición de planta: mínima distancia recorrida y seguir el flujo de proceso. Gran parte de los problemas se generan por la disposición actual y la no utilización de puertas para agilizar los traslados. Por ejemplo, con el recorrido actual de los insumos, se está propenso a contaminantes, pues para que la materia prima llegue al área de producción, tiene que transitar por un área abierta, y cuando se trata de alimentos, se debe tener mucho cuidado.



Por otro lado, se realizó el método carga-distancia de la disposición actual de la planta, teniendo en cuenta las distancias recorridas y la cantidad de material que se transporta, para determinar la productividad actual.

**Tabla 3.1**

*Carga-distancia de la disposición actual de la planta*

Recorrido	Insumo	Distancia (Metros)	Carga (Kg)	Carga x Distancia
Almacén de MP - Área de producción	Leche en polvo	19,85	2	39,70
Almacén de MP - Área de producción	Azúcar	19,85	20	397,00
Almacén de MP - Área de producción	Cultivo de yogur	19,85	0,65	12,90
Almacén de MP - Área de etiquetado	Etiquetas	17,25	1,1	18,98
Almacén de MP - Área de etiquetado *	Envases	172,5	8,5	1 466,25
Área de producción - Área de PT *	Producto terminado	145	196	28 420,00
Carga-distancia total				30 354,83

Nota. El recorrido de envases y producto terminado se repite diez veces \*

Como se puede apreciar en la Tabla 3.1, la carga-distancia total es de 30 355 kg.m, influenciada principalmente por el recorrido del área de producción al área de producto terminado, ya que este recorrido se realiza diez veces para un lote. Mientras que el recorrido de los insumos del área de almacén de materia prima hacia el área de producción es de 1935 kg.m.

Para efectos prácticos de estudio, se tomó como lote de producción base la demanda de yogur griego de un día crítico; es decir, un día en el que la demanda es mayor, puesto que esta es cambiante acorde con los requerimientos de los clientes, ya que la empresa trabaja sobre pedidos. Estos días críticos mantienen un lote de producción de aproximadamente 196 litros de yogur, distribuidos en sus presentaciones de 6 onzas y 1 litro. Dicho lote crítico representa, dentro de la producción mensual de yogur desde enero hasta agosto del 2022 (Tabla 3.2), aproximadamente un 18,30 % de lo que se produce mensualmente. Inclusive, dentro de un mes, puede existir más de un día crítico.

**Tabla 3.2***Producción mensual*

Mes	Producto	
	Yogur 6 onzas	Yogur 1 litro
Ene.-22	2679	484
Feb.-22	3145	538
Mar.-22	3591	405
Abr.-22	3312	522
May.-22	3111	468
Jun.-22	4225	519
Jul.-22	3061	399
Ago.-22	4645	698
Total	27 769	4033

Esto llevó a la investigación a realizar un estudio de tiempos con cronometraje para cinco lotes de producción, donde se mostró consecuencias en el *lead time*; es decir, un alto tiempo de preparación, de ciclo y de traslados. Esto generó una ineficiente producción. Los tiempos observados de preparación de la materia prima indican cuánto demora una operaria en medir los insumos necesarios para la producción de yogur dentro del almacén de materia prima. El tiempo máximo de preparación, de entre los cinco lotes estudiados, fue de seis minutos (0,1 horas); debido, mayormente, a la disposición de los insumos.

Por otro lado, el tiempo observado de ciclo está comprendido desde la preparación de la mezcla hasta el sellado del producto terminado. En la Tabla 3.3, se muestran los tiempos más altos para cada proceso distribuido en los cinco lotes que se tomaron como muestra. Además, el proceso de desinfectado de envases ocurre en simultáneo con la preparación, mezcla y calentamiento del yogur, y también con la prefermentación. Las actividades de llenado y sellado de envases son parte del proceso que demanda mucho tiempo con relación a las demás actividades: 26,43 % y 24,13 % respectivamente del tiempo total del ciclo. Esto, debido a que dichas actividades son realizadas por una sola operaria cada una y de manera manual, lo cual lleva a demoras.

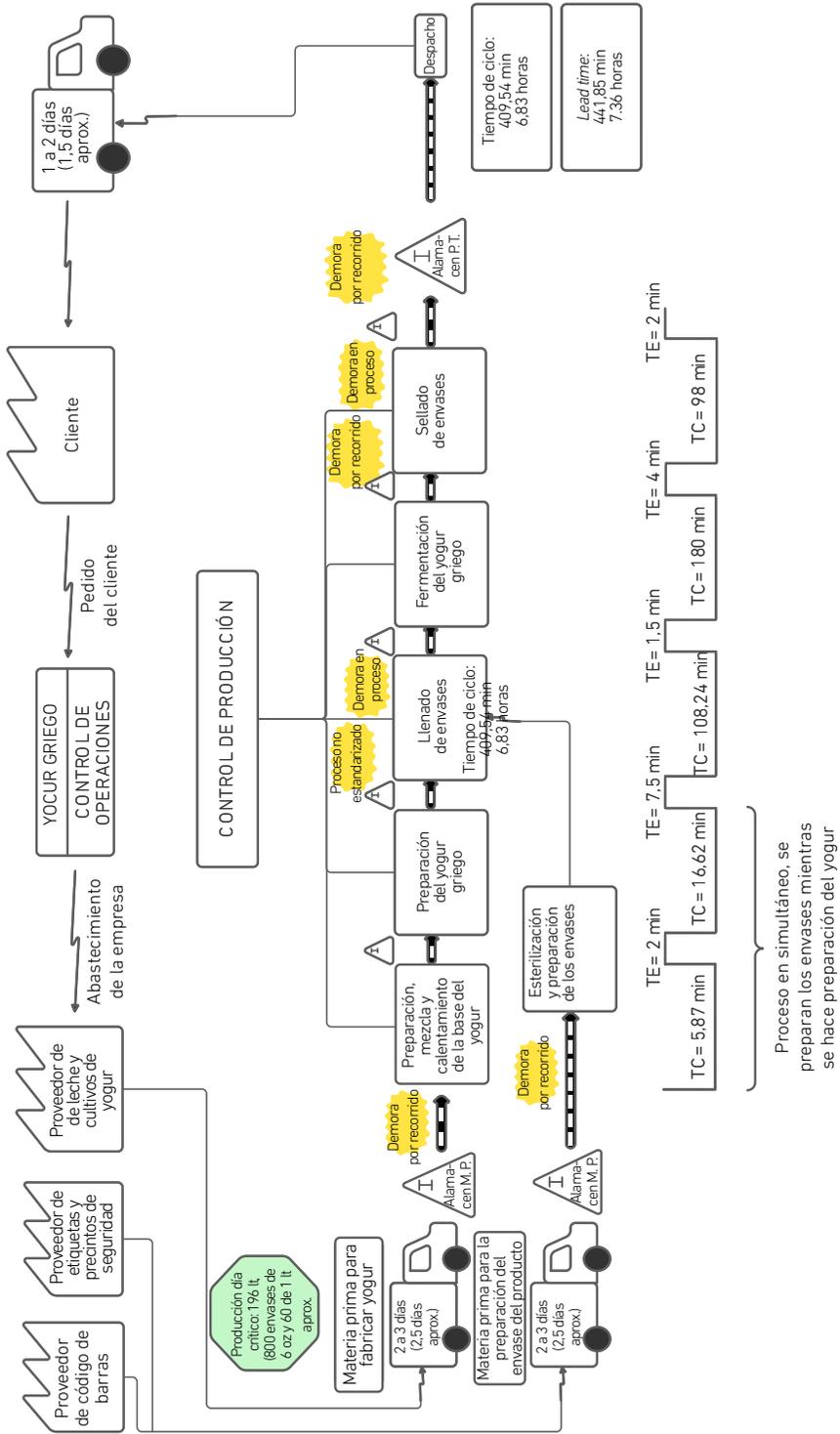
**Tabla 3.3***Tiempo de ciclo (minutos y horas)*

Proceso	Lotes	Tiempo	
		Minutos	Horas
Preparación, mezcla y calentamiento de la base del yogur	1	6,22	0,104
	2	6,20	0,103
	3	<b>6,24</b>	<b>0,104</b>
	4	6,22	0,104
	5	<b>6,24</b>	<b>0,104</b>
Preparación del yogur griego (prefermentación)	1	17,32	0,289
	2	<b>18,00</b>	<b>0,300</b>
	3	17,20	0,287
	4	18,00	0,300
	5	17,58	0,293
Llenado de los envases	1	<b>115,00</b>	<b>1,917</b>
	2	114,50	1,908
	3	114,75	1,913
	4	114,45	1,908
	5	114,90	1,915
Fermentación del yogur griego	1	180,00	3,000
	2	180,00	3,000
	3	180,00	3,000
	4	180,00	3,000
	5	180,00	3,000
Sellado de envases	1	104,80	1,747
	2	104,35	1,739
	3	104,84	1,747
	4	<b>105,00</b>	<b>1,750</b>
	5	104,60	1,743

Por último, los tiempos observados de traslado corresponden a cuánto demora una operaria en trasladar los insumos de materia prima hacia el área de producción, y de esta, hacia el área de refrigeración y producto terminado. Una operaria se demora diez minutos (0,167 horas), aproximadamente, en traslados de materia prima y producto terminado. Gran parte de esta problemática es debido a la disposición de las áreas y al desorden que existe en el almacén y en los pasillos por donde se traslada la materia.

El siguiente paso fue estandarizar los tiempos observados para su correcta aplicación en el *lead time* del proceso de producción del yogur. Es así cómo, en la Figura 3.2, se muestra el Value Stream Map (VSM) actual del proceso de producción de yogur, con un tiempo de ciclo de 6,83 horas y valor de *lead time* de 7,36 horas.

**Figura 3.2**  
Value Stream Map



Gran parte de los problemas del *lead time* se generan por el desorden dentro de los almacenes. En la Figura 3.3, se puede apreciar que los materiales y las herramientas de trabajo no se encuentran en una óptima ubicación, además de no estar correctamente identificados para facilitar el trabajo de los operarios. Además, existe desorden en los pasillos por donde se traslada la materia prima.

**Figura 3.3**

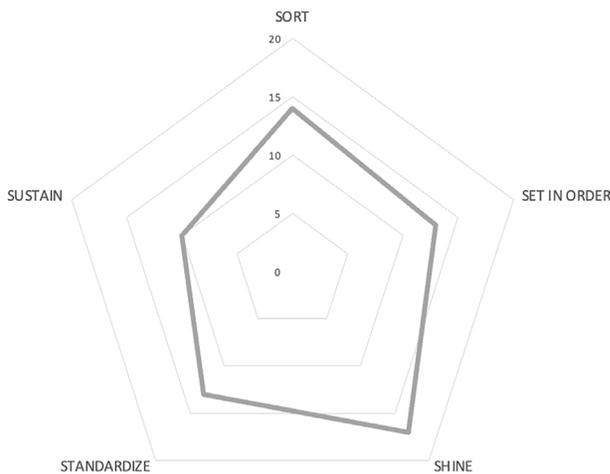
*Fotos de almacén y pasillo*



Por otro lado, como resultado de la auditoría inicial, se realizó un gráfico de radar (3.4), donde se puede apreciar que la empresa necesita mejorar en los aspectos de clasificación (*sort*), orden (*set in order*), estandarización (*standardize*) y disciplina (*sustain*); pues en líneas generales la empresa mantiene un promedio del 67 % en su gestión, encaminada a la eficiencia en sus procesos, pero aún tiene mucho por mejorar.

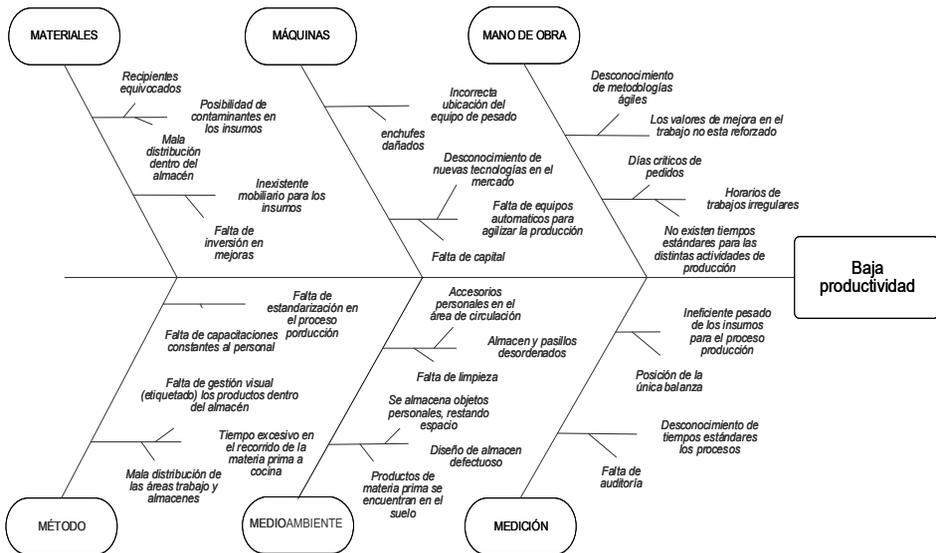
**Figura 3.4**

*Diagrama de radar*



En el diagrama de Ishikawa (Figura 3.5), se muestran los distintos factores que conllevan a un proceso deficiente de producción de yogur. Uno de los principales problemas dentro de la compañía fue la falta de un proceso estandarizado con respecto a los tiempos de producción, en gran parte debido a la falta de auditorías y capacitaciones, así como a un desconocimiento de metodologías de mejora. Por otro lado, el desorden estuvo presente en distintas áreas de la empresa y afectó directamente a la producción. Todo esto apuntó a que los grandes puntos débiles de la empresa son sus métodos, el medioambiente y la medición.

**Figura 3.5**  
Diagrama de Ishikawa



Conociendo el diagnóstico inicial de la situación, se aplicó la metodología 5S, distribuida en cinco pasos estratégicos para todas las áreas competentes. Con respecto a la primera “S”, que es la clasificación, se empezó eliminando recursos innecesarios dentro de las instalaciones de la empresa (Tabla 3.4), mediante el uso de la metodología de tarjeta de colores (Figura 3.6). Este método cualitativo y visual contribuyó a identificar qué objetos necesitaban una acción correctiva, pues limitaban el espacio disponible y, sobre todo, generaban obstrucción.

**Figura 3.6**

Tarjeta de color 1

TARJETA ROJA		
NOMBRE DEL ARTÍCULO		FOLIO N 0001
silla de ruedas		
CATEGORIA	1. Maquinaria 2. Accesorios y herramientas 3. Instrumental de Medición 4. Materia Prima 5. Refacción 6. Inventario en Proceso 7. Producto Terminado 8. Equipo de oficina 9. Librería y papelería 10. Limpieza o pesticidas	
2		
FECHA	LOCALIZACIÓN	TIPO DE COORDENADA
08/09/22		
CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR
1		
RAZÓN	1. No se necesitan 2. Defectuoso 3. No se necesita pronto 4. Material de desperdicio 5. Uso desconocido 6. Contaminante 7. Otro <u>Objeto no relacionado</u>	
7		
Consideraciones especiales de almacenaje		
Ventilación especial	<input type="checkbox"/>	En camas de <input type="checkbox"/>
Frágil	<input type="checkbox"/>	Máxima altura <input type="checkbox"/>
Explosivo	<input type="checkbox"/>	Ambiente a <input type="checkbox"/>
ELABORADO POR	Departamento o sección	
FORMA DE DESECHO	1. Tirar 2. Vender 3. Otros 4. Mover áreas de tarjetas rojas 5. Mover otro almacén 6. Regresar proveedor int o ext	Desecho completo  Firma autorizada(s)
4		
FECHA DE DESECHO	FECHA DE DESPACHO	
Nombre:	TARJ-01	FOLIO N 0001
		Tarjeta R

**Tabla 3.4**

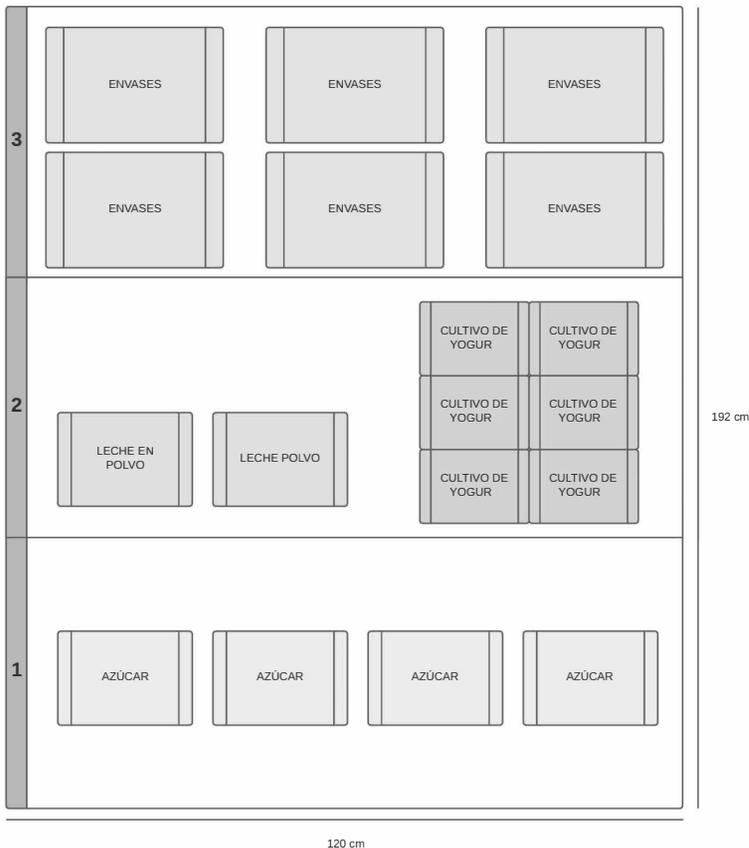
Lista de objetos innecesarios

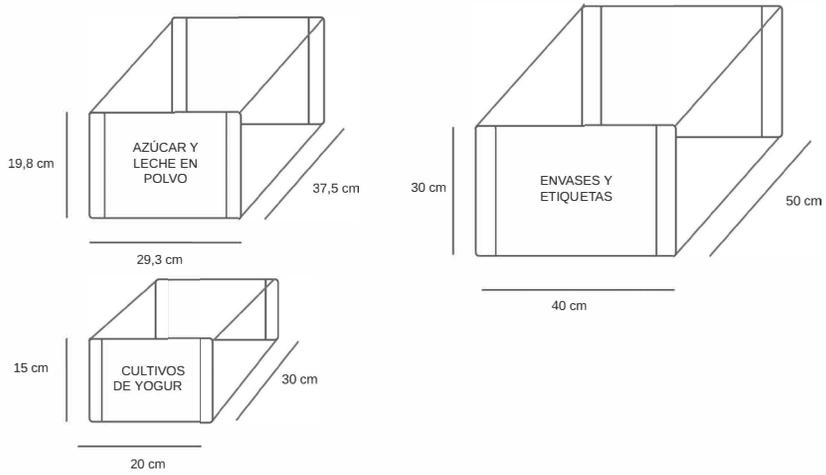
N.º	Objetos innecesarios
1	Cajas con mascarillas
2	Silla de ruedas
3	Artículos de oficina
4	Cables varios
5	Papeleo de oficina
6	Accesorio para ejercicios
7	Bicicleta
8	Herramientas
9	Baldes de pintura
10	Bolsas varias

Para la segunda “S”, que está relacionada con la organización, se decidió aplicar una propuesta de *layout* para los racks del área del almacén de materia prima, debido a la pésima disposición de los insumos y el desorden dentro del área que tenía la empresa. Los principales insumos, como el azúcar, el cultivo de yogur y la leche en polvo, llegan en costales de 50 y 25 kg. En la Figura 3.7, se puede apreciar que el *layout* del rack cuenta con tres niveles. El primer nivel está compuesto por el azúcar, la cual estaría almacenada en recipientes propuestos para mantenerla en un correcto estado, además de tener un fácil acceso a ella. En el segundo nivel, se encuentra ubicada la leche en polvo en sus respectivos empaquetados, además de los cultivos de yogur. Por último, en la parte superior del rack, en el tercer nivel, se encuentran los envases y etiquetas, pues al ser un material liviano, el acceso a este es sencillo. Cada nivel está compuesto por cajas organizadoras de plástico, detalladas en sus medidas respectivas, para mantener los insumos en mejor estado.

**Figura 3.7**

*Layout para el rack*





**Figura 3.8**

*Disposición final del rack*

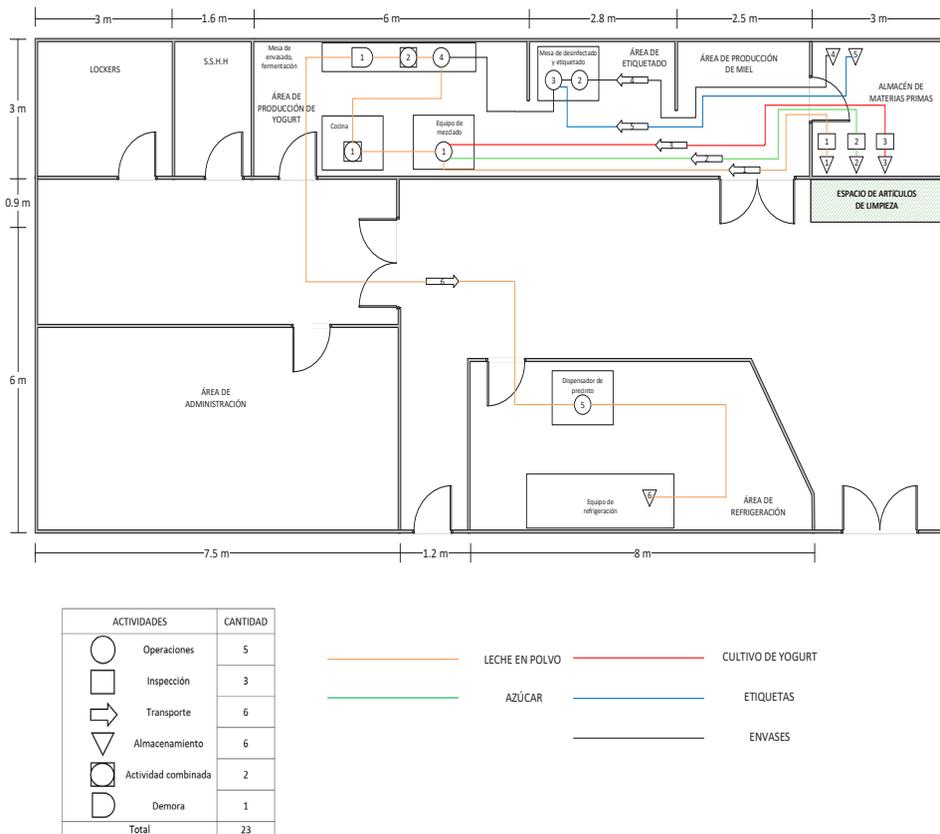


La Figura 3.8 muestra la disposición actual del rack, donde se puede observar un avance, cumpliendo con los niveles de distribución planteados en la Figura 3.7.

Por otro lado, también se aplicó una propuesta de disposición de las áreas de la empresa, considerando el diagrama de recorrido de la situación inicial (Figura 3.9). Como se puede apreciar, el almacén de materia prima fue colocado cerca del área de producción, para hacer más eficiente el proceso. Además, se habilitó una puerta cerca del área de producción para acortar distancias en los traslados y un área especial para los productos de limpieza, para no efectuar una contaminación cruzada. Finalmente, se planteó la construcción de una pared para independizar el área administrativa.

**Figura 3.9**

*Diagrama de recorrido propuesto*



Con la disposición propuesta de la planta, también se realizó el método carga-distancia, para comprobar los beneficios (Tabla 3.5).

**Tabla 3.5***Carga-distancia de la disposición propuesta de la planta*

Recorrido	Insumo	Distancia (Metros)	Carga (Kg)	Carga x Distancia
Almacén de MP - Área de producción	Leche en polvo	8,3	2	16,6
Almacén de MP - Área de producción	Azúcar	8,3	20	166
Almacén de MP - Área de producción	Cultivo de yogur	8,3	0,65	5,395
Almacén de MP - Área de etiquetado	Etiquetas	5,4	1,1	5,94
Almacén de MP - Área de etiquetado *	Envases	54	8,5	459
Área de producción - Área de PT *	Producto terminado	90	196	17 640
Carga-distancia total				18 292,935

*Nota.* \* El recorrido de envases y producto terminado se repite diez veces

Como se puede apreciar, los metros recorridos del almacén de materia prima hacia el área de producción se redujeron considerablemente. A su vez, la carga-distancia total propuesta es de 18 293 kg.m., lo cual significa un 40 % menos, con respecto a la actual. Además, esta mejora recortaría los tiempos y distancias que se toman los operarios en los traslados entre áreas. La nueva disposición de planta mejora la productividad en 65,94 %.

Según los resultados de la auditoría inicial y las visitas de campo, la empresa mantiene sus ambientes e instrumentos de trabajo limpios. Sin embargo, algunos objetos para la limpieza se encontraban esparcidos en distintas áreas. Por ello, con respecto a la tercera "S", además de proponer un área especial para el almacenamiento de los artículos de limpieza, se aplicó un cronograma mensual de limpieza del área de producción y almacenes. Además de llevar un registro de cada operaria, se verificará que todos los materiales para el aseo se encuentren en la zona establecida, antes y después de la limpieza.

A su vez, se aplicó un plan de limpieza diario, en el cual se detalla el procedimiento o metodología que cada operaria deberá seguir al momento de limpiar las áreas correspondientes.

Con respecto a la cuarta "S", que está relacionada con la estandarización y optimización de procesos, se aplicaron mejoras en al área de producción. Gracias a la información brindada por la Figura 3.5 (Diagrama de Ishikawa) y los tiempos de la Tabla 3.3, se concluyó que una de las fases donde existió mayor potencial de mejora fue en el proceso de llenado de envases, al ser una actividad artesanal y manual. Dicho proceso se demoraba hasta 115 minutos, y el peso de los productos excedía en 0,5 onzas por cada presentación de 6 onzas, y 35 mililitros en la presentación de 1 litro aproximadamente. Es decir, los grados de precisión se excedían en un 8,33 % y 3,5 % respectivamente.

Por ende, se propuso el uso de una dosificadora semiautomática con tolva (Figura 3.10), ya que, entre las necesidades requeridas para el proceso, se buscó un equipo construido con acero inoxidable, para soportar temperaturas altas y bajas, y no afecte la calidad del producto. Además, debía ser capaz de trabajar con líquidos de baja y media viscosidad, puesto que el yogur presenta mayor viscosidad que un líquido acuoso. En suma, el modelo de la dosificadora cuenta con dos formas de trabajo: la forma automática, para poder realizar ciclos continuos de producción, y la forma manual, para poder controlar cantidades menores de producción. Finalmente, presenta un rango de llenado de entre cien mililitros y mil mililitros, con un grado de precisión de +- dos mililitros, lo que satisface ambas presentaciones del producto de la empresa.

**Figura 3.10**

*Dosificadora semiautomática con tolva*



*Nota.* Extraído de proforma Simag Industrial Perú S.A.C, 2022.

Con respecto a la eficiencia del proceso, la aplicación de la máquina reduce el tiempo hasta cuarenta minutos, lo cual significa un 65 % menos del tiempo actual. A su vez, aumenta la eficacia del proceso a un grado de precisión de +- 0 a 2 ml por envase, es decir un 1 % y 0,2 % respectivamente de los envases de 6 onzas y 1 litro.

**Tabla 3.6**

*Tabla beneficio-costo*

Costo		Beneficio	
Dosificadora semiautomática con tolva modelo G1WTD1000	S/ 5720,00	Ahorro en envases de 6 oz. (por lote)	S/ 49,84
		Ahorro en envases de 1Lt. (por lote)	S/ 8,57
Total invertido	S/ 5720,00	Total ahorrado (por lote)	S/ 58,41

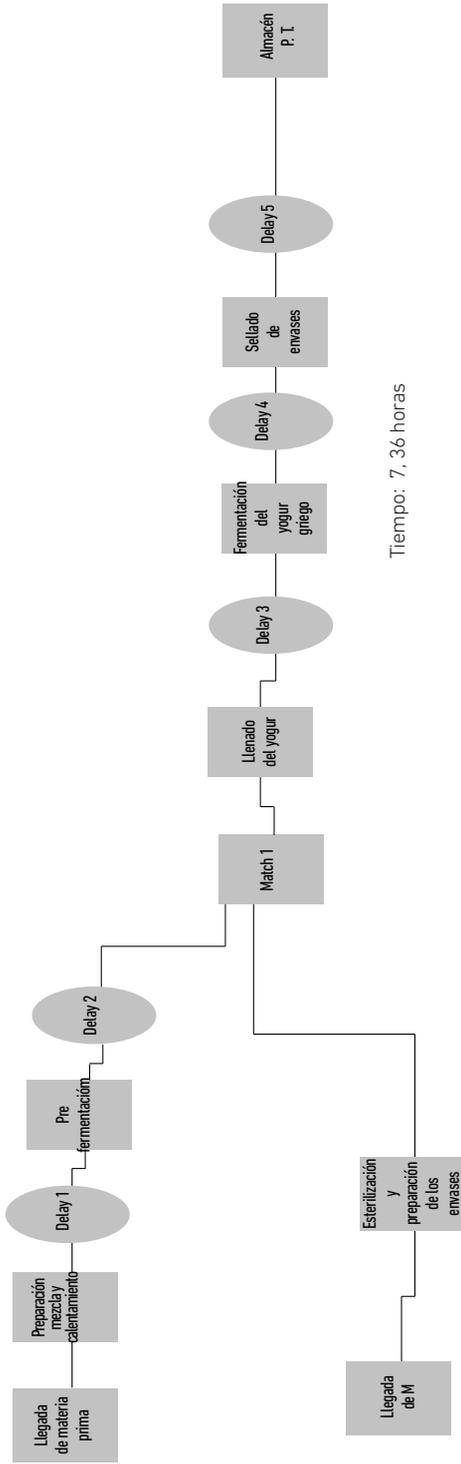
La Tabla 3.6 describe el costo de la máquina y el ahorro por lote que existe cuando se utiliza este equipo. Lo que dio como resultado una recuperación de la inversión del dosificador en un corto plazo de 3,26 meses. Esto es esencial, debido a que se buscó encontrar una solución que no excediera del presupuesto de la empresa y que pudiera aumentar el nivel de eficiencia y eficacia.

Adicionalmente, se demostró la mejora del proceso de producción del yogur con la implementación del dosificador y las disposiciones propuestas anteriormente. Teniendo en cuenta que la empresa trabaja sobre pedidos, del horario de trabajo, el *lead time* para la producción de un lote crítico de 196 litros de yogur artesanal es de 7,36 horas. Es decir, la capacidad máxima de producción actualmente es de 196 litros en una jornada laboral de ocho horas. Sin embargo, con las nuevas disposiciones para la planta y la estandarización de las actividades, el nuevo *lead time* disminuye a 6,07 horas. Esto, gracias a la disminución de los tiempos de preparación de la materia prima, los tiempos de espera o recorrido y los tiempos de llenado de envase.

A su vez, se comprobaron los resultados obtenidos con simulaciones en el programa Arena, comparando la situación inicial con la situación final (Figuras 3.11 y 3.12), de los cuales se obtuvieron una variación del +/- 2,5 % con respecto a los indicadores claves de rendimiento, como el tiempo en el sistema (VA Time). Es decir, el tiempo en el sistema utilizando recursos. Los resultados del VA Time de la simulación final arrojan un valor de 6,18 horas, el cual significa una mejora del 19,09 % con respecto al valor inicial de 7,36 horas. Con ello, se concluye que la nueva disposición mejora la eficiencia y eficacia del proceso de producción de yogur griego artesanal.

**Figura 3.11**

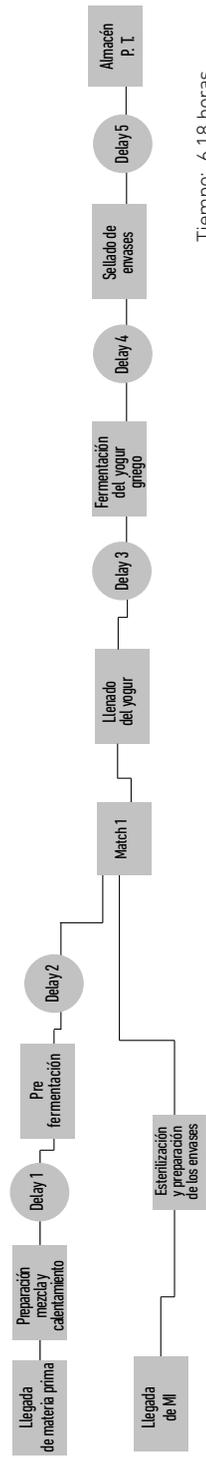
*Simulación inicial*



Tiempo: 7,36 horas

**Figura 3.12**

*Simulación final*



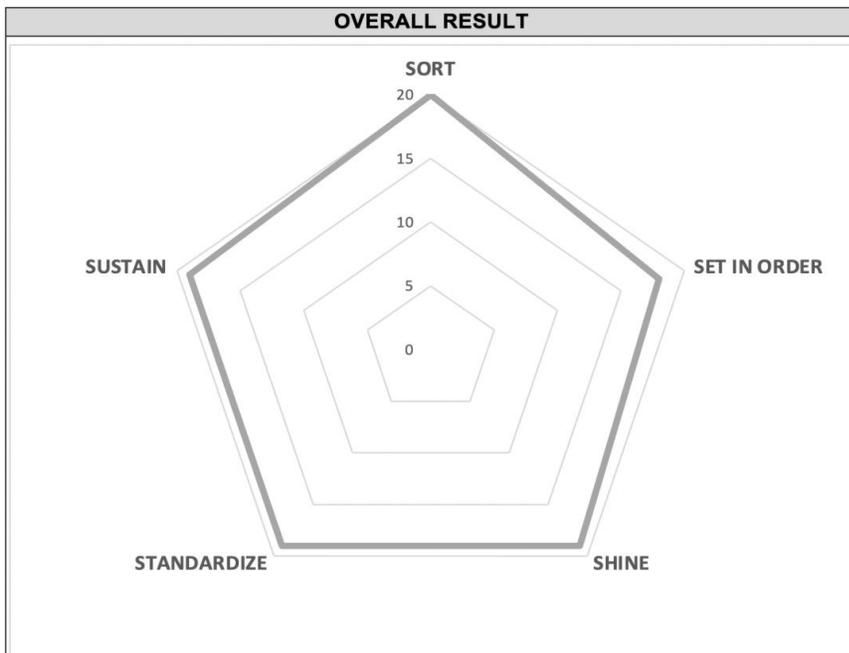
Tiempo: 6,18 horas

Finalmente, con respecto a la quinta y última “S”, para supervisar las propuestas planteadas y promocionar la creación de nuevas normativas como soluciones ante futuros problemas, se realizó una capacitación al personal de la empresa, a modo de inducción de la metodología 5S y sus beneficios en el proceso de producción. Además, se propuso la creación de un comité a cargo de la operaria con más experiencia, la cual tendrá citas mensuales de coordinación con el personal, en las que se expondrán el estado de la producción y las oportunidades de mejora.

Luego de una semana de aplicado lo expuesto previamente, se volvió a realizar una encuesta a las operarias, a modo de auditoría final, en la que se pudo apreciar una mejora considerable con respecto a la primera auditoría. Con las disposiciones propuestas y aplicadas, los valores en puntos débiles como “Sort” y “Standarize” mejoraron en un 100 % y 95 % respectivamente. A manera general, en la Figura 3.13, se puede apreciar que la empresa mantiene un 97,5 % en su gestión actual. Sin embargo, aún existen posibles mejoras relacionadas a la gestión visual y habilidades blandas.

**Figura 3.13**

*Diagrama radar final*



#### 4. DISCUSIÓN

Hay muchos estudios que demuestran la importancia de la metodología *lean* en los procesos manufactureros dentro de las distintas industrias, tales como la alimentaria. Según Gamboa Ruíz et al. (2015), se requiere de un giro a la cultura organizacional para ser más competitivos dentro del sector y lograr beneficios. La aplicación de la metodología *lean* a la empresa productora de yogur griego artesanal generó la posibilidad de tener mejores metas productivas y mantener un proceso de producción ordenado y eficiente utilizando la mejora continua.

Se logró disminuir los tiempos de producción, con un nuevo *lead time* de 6.07 horas, lo que mejoró la eficiencia del tiempo en 16 %, en contraste con Martínez Zafra (2013), que concluye que la aplicación de un sistema de herramientas de manufactura puede disminuir los tiempos perdidos hasta en un 50 %, y Martínez Sánchez et al. (2016), quienes concluyen que el uso de herramientas *lean* logró mejoras en los tiempos promedio de hasta 56 %. Además, la capacidad máxima de producción para un lote crítico aumentó a 230 litros de yogur artesanal dentro de una jornada laboral de ocho horas. Por consiguiente, la eficiencia de la producción mejoró en 15 %. Estos resultados son similares a los encontrados por Viteri Moya et al. (2016), quienes concluyen que, al implementar esta metodología, se contribuye a una gestión eficiente en cada etapa del proceso productivo, generando así mayor producción en un 14,6 %.

En este estudio se rediseñó la planta y se pudo mejorar la productividad total en un 65,94 %. Los resultados obtenidos también son similares a los conseguidos por Huertas Soria (2019), donde las mejoras de los niveles de producción fueron de hasta un 88 % y un 15,2 % en eficacia de materia prima. En tal sentido, al analizar estos resultados, se confirma que, mientras existan procesos estandarizados, orden y limpieza en las distintas áreas y pasillos dentro de una empresa, mejor será el nivel de *lead time* y, por consiguiente, mejores los niveles de eficiencia y eficacia en las operaciones.

Para mejorar los procesos dentro de las empresas, basta con conocer e implementar herramientas de manufactura esbelta, a fin de generar un mejoramiento continuo con el mínimo de inversión (Malpartida Gutiérrez y Tarmeño Bernuy, 2020). Como se mostró en el presente trabajo de investigación, con la aplicación de la metodología 5S y una inversión mínima en maquinarias y equipos, se puede mejorar las condiciones de una empresa, aumentar su eficiencia, su eficacia y productividad, eliminando desperdicios y mejorando la cultura organizacional.

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La metodología 5S, como se demostró en la investigación, es una herramienta efectiva para mejorar la organización del lugar del trabajo, reducir los tiempos inefectivos de la

cadena de valor y mejorar la eficiencia de los trabajadores aportándoles una mentalidad enfocada en el cumplimiento de objetivos.

Además, con las modificaciones en los diseños del área de trabajo, se ve reflejada una mayor productividad en los empleados y en la producción. Sin embargo, la empresa debe mantener la mejora continua, pues es indispensable para lograr buenas condiciones en la organización y mayor motivación en el personal.

Cabe mencionar que la empresa actualmente continúa evaluando los resultados de las metodologías planteadas, con efectos satisfactorios, y marcando la pauta para seguir implementando mejoras. Adicionalmente, para que la empresa pueda mantenerse dentro del rubro de lácteos en el mercado peruano como empresa competente, es indispensable que adquiera mayor automatización dentro de sus procesos, mediante el uso de máquinas y equipos actualizados. De esa manera, se pueden aprovechar eficientemente sus recursos y materiales. Esto da pie a que se puedan desplegar estudios futuros que contribuyan a los planteados en este artículo.

## REFERENCIAS

- Alcocer Quinteros, P., Paredes Loayza, M., Proaño Molina, P., & Baque Mite, L. (2020, octubre-diciembre). Mejoramiento de la línea de producción de la pequeña empresa lácteos; caso práctico del Cantón Mejía de Ecuador. *Journal of business and entrepreneurial studies JBES*, 4(3), 103-116 [https://sga.uteq.edu.ec/media/evidenciasiv/2021/10/29/evidencia\\_articulo\\_202110297129.pdf](https://sga.uteq.edu.ec/media/evidenciasiv/2021/10/29/evidencia_articulo_202110297129.pdf)
- Anderson, D., y Bozheva, T. (2019). Kanban maturity model: desarrollando la agilidad organizativa y de negocio en empresas industriales. *DYNA Management*, 7(1). <http://dx.doi.org/10.6036/MN8805>
- Aranda Gutiérrez, H., de la Fuente Martínez, M. L., Becerra Reza, M. N., Martínez Nevárez, J., Callejas Juárez, N., & Esparza Vela, M. E. (2012). Gestión de la innovación tecnológica (GIT): un ejercicio de autoevaluación en doce microempresas chihuahuenses. *Rev. Mex. Agroneg*, 30, 849-860. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.120466>
- Arslankaya, S., & Atay, H. (2015). Maintenance management and lean manufacturing practices in a firm which produces dairy products. *Procedia, social and behavioral sciences*, 207, 214-224. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.10.090>
- Bernardo, J., & Caldero, J. F. (2000). Investigación cuantitativa; Métodos no experimentales. Aprendo a investigar en educación (77-93). Madrid: RIALP, S. A. ISBN: 84-321-3318-3

- Castillo, E. (22 de julio de 2010). 5 problemas de las Pymes para el éxito. CNN Expansión. [https://expansion.mx/emprendedores/2010/07/21/ser-exitoso-sin-morir-en-el-intento C](https://expansion.mx/emprendedores/2010/07/21/ser-exitoso-sin-morir-en-el-intento-C)
- Charalampopoulos, D. (2018). Food waste and by-products valorization. En Hanley, B. & Russell, W. (Eds), *Food The Vital Ingredient* (pp. 207-219). Food and Beverage Consumption and Health.
- Cívicos, M. A. & Hernández, M. (2007). Algunas reflexiones y aportaciones en torno a los enfoques teóricos y prácticos de la investigación en trabajo social. *Revista Acciones e Investigaciones Sociales*, 23, 25-55. ISSN:1132-192X. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2264596>
- De Steur, H., Wesana, J., Dora, M., Pearce, D. & Gellynck, X. (2016). Applying Value Stream Mapping to reduce food losses and wastes in supply chains: A systematic review, *Waste Management*, 58, 359-368. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.025>
- European Commission, Directorate-General for Research and Innovation (2016). European research and innovation for food and nutrition security: FOOD 2030 high level conference: background document. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/20654>
- Gamboa Ruíz, L. A., Reyes Rodríguez, M. A., Nieto Villagrán, P. A., & Hurtado Suárez, Y. A. (2015). *Implementación del modelo Lean Management en la empresa de lácteos, Hacienda San Mateo* [Tesis de grado, Universidad Sergio Arboleda]. Repositorio institucional de la Universidad Sergio Arboleda, Bogotá. <https://repository.usergioarboleda.edu.co/handle/11232/1270?show=full>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. & Baptista-Lucio, P. (2014). Metodología de la Investigación ( 6.ª ed.). <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Huertas Soria, M. L. (2019). *Propuesta de mejora de procesos utilizando herramientas de lean manufacturing en la línea de producción de yogurt de una empresa láctea de la ciudad de Arequipa* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica San Pablo]. Repositorio institucional de la Universidad Católica San Pablo. <https://repositorio.ucsp.edu.pe/handle/UCSP/16034>
- Malpartida Gutiérrez, J. N., & Tarmeño Bernuy, L. E. (2020, octubre-diciembre). Implementación de las herramientas del Lean Manufacturing y sus resultados en diferentes empresas. *Alpha Centauri*, 1(2), 51–59. <https://doi.org/10.47422/ac.v1i2.12>
- Martínez Sánchez, P., Martínez Flores, J., Nuño de la Parra, P., & Cavazos Arroyo, J. (2016). Mejora en el tiempo de atención al paciente en una unidad de

urgencias gineco-obstétricas mediante la aplicación de Lean Manufacturing. *Revista Lasallista de Investigación*, 13(2), 46-56. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69549127006.pdf>

Martínez Zafra, V. (2013). *Problemas y soluciones en la implementación del Sistema LEAN en una empresa de un grupo de alimentación*. [Tesis de Grado, Universidad Politécnica de Cartagena]. Repositorio Digital de la Universidad Politécnica de Cartagena. <http://hdl.handle.net/10317/3457>

Meraz Rivera, L. A., Castiblanco Jiménez, I. A., Cruz González, J. P., & Mateo Díaz, N. F. (2021). Diseño de una herramienta guía basada en metodologías de mejora continua aplicable a pymes del sector lácteo en países de América Latina y el Caribe. *Ingeniería y Desarrollo* 39(1), 86-104. <https://doi.org/10.14482/inde.39.1.658.4>

Rahman, M. N. A., Khamis, N. K., Zain, R.M., Deros, B. N., & Mahmood, W. H. W. (2010). Implementation of 5S practices in the manufacturing companies: a case study. *American Journal of Applied Sciences*, 7(8), 1182-1189. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2010.1182.1189>

Rangel-Magdaleno, J. (2018, julio-diciembre). The impact of innovation and finance on the competitiveness of manufacturing SMEs. *Small Business International Review*, 2(2), 38-53. <https://doi.org/10.26784/sbir.v2i2.142>

Reis, E. M., Lopes, M. A., Alves Demeu, F., Pascotti Bruhn, F. R., Ribeiro Lima, A. L., de Benedicto, G. C., & Ferreira Pelegrini, D. (2019). Applicability of management tools to the correction of weaknesses in family dairy farms in the Western Amazon. *Semina. Ciências Agrarias*, 40(1), 339-352. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n1p339>

Silva, N., Perera, C., & Samarasinghe, D. (2011, octubre). Viability of lean manufacturing tools and techniques in the apparel industry in Sri Lanka. *Applied Mechanics and Materials*, 110(116), 4013-4022. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.110-116.4013>

SIMAG INDUSTRIAL PERÚ S. A. C. (s. f.). Dosificadores de líquidos, granos y polvos. Recuperado el 12 de octubre del 2022, de <http://www.simagindustrialperu.com/maquinas-dosificadores/dosificadores-de-liquidos-viscosos-polvos-granulados-granos-peru.html>

Vargas Crisóstomo, E. L., & Camero Jiménez, J. W. (2021). Aplicación del Lean Manufacturing (5s y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos de una empresa manufacturera. *Industrial Data*, 24(2), 249-260. ISSN: 1560-9146. <https://doi.org/10.15381/idata.v24i2.19485>

- Vargas-Hernández, J. G., Muratalla-Bautista, G., & Jiménez Castillo, M. T. (2018). Sistemas de producción competitivos mediante la implementación de la herramienta Lean Manufacturing. *Ciencias administrativas*, 11, 020. 81-95. <https://doi.org/10.24215/23143738e020>
- Velasco Sánchez J. (2014). Organización de la producción. Distribuciones en planta y mejoradelosmétodosylostiempos. *Madrid:EdicionesPirámide*.<https://www.udocz.com/apuntes/33475/organizacion-de-la-produccion-velasco-sanchez-juan>
- Viteri Moya, J., Matute Déleg, E., Viteri Sánchez, C., & Rivera Vásquez, N. (2016). Implementation of lean manufacturing in a food enterprise. *Enfoque UTE*, 7(1), 1 - 12. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n1.83>



# REDISTRIBUCIÓN DE INVENTARIO CON BASE EN CLASIFICACIÓN ABC PARA MEJORAR EL FLUJO DE MATERIALES EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE ALIMENTOS EN SINALOA, MÉXICO\*

Xóchitl Patricia Flores Gutiérrez\*\*

<https://orcid.org/0000-0001-6468-3865>

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Guasave,  
División de Ciencias Industriales, Guasave, Sinaloa, México

Yuridia Belén Cortés Pardini

<https://orcid.org/0000-0003-1962-9274>

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Guasave,  
División de Ciencias Industriales, Guasave, Sinaloa, México

Raúl Loredo Medina

<https://orcid.org/0000-0002-0785-5437>

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Guasave,  
División de Ciencias Computacionales, Guasave, Sinaloa, México

Recibido: 27 de enero del 2023 / Aceptado: 23 de marzo del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n44.6244>

**RESUMEN.** El objetivo de la presente investigación fue realizar una redistribución de inventarios basada en la clasificación ABC de mercancías y evaluar la mejora en los indicadores de desempeño del almacén en una empresa productora de alimentos en Sinaloa, México. La metodología empleada constó de cuatro etapas: diagnóstico de la situación actual; generación de propuestas de redistribución de inventario basada en la clasificación ABC; implementación y también evaluación de resultados. Se midieron indicadores de desempeño de rotación y duración de inventario antes, así como después de la implementación. Se obtuvieron resultados favorables en los cinco productos; sobresalió el inventario de manteca, en donde incrementó su rotación semanal en 32,92 unidades, mientras que su duración dentro del almacén se redujo dos días. Para

---

\* Este estudio no fue financiado por ninguna entidad.

\*\* Autor corresponsal.

Correos electrónicos en orden de aparición: Xochitl.fg@guasave.tecnm.mx; Raul.lm@guasave.tecnm.mx; Yuridia.cp@guasave.tecnm.mx

recolectar la información, se empleó la observación, el conteo de unidades de inventario en físico aunado a la verificación en el sistema. Concluimos que la gestión de inventarios es una actividad clave para cualquier organización, sobre todo para las empresas de giro alimenticio, dado que los productos son perecederos, propensos a generar mermas por una inadecuada gestión o rotación.

PALABRAS CLAVE: inventarios / control de inventario / metodología ABC / almacenes / industria alimentaria

## INVENTORY REDISTRIBUTION BASED ON ABC CLASSIFICATION TO IMPROVE MATERIAL FLOW IN A FOOD PRODUCTION COMPANY IN SINALOA, MEXICO

ABSTRACT. The goal of this research is to carry out an inventory redistribution following the ABC classification of merchandise, as well as gauge improvement in indicators of inventory rotation and duration in a food production company in Sinaloa, Mexico. The methodology employed comprised 4 stages: a diagnosis of the current situation, generation of inventory redistribution proposals based on ABC classification, implementation and evaluation of results. Inventory rotation and duration performance indicators were measured prior and following implementation, achieving favorable results across 5 products with butter as the standout, whose weekly rotation was increased by 32,92 units while its warehouse time was cut by two days. The information was collected by observing and counting physical inventory units paired with verifying the inventory in the system. The study concluded that inventory management is a key activity for any organization, food companies in particular, since the products are perishable and prone to generating loss where it is not properly managed or rotated.

KEYWORDS: inventories / inventory control / ABC methodology / warehouse / food industry

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, las organizaciones se enfrentan a muchos retos. En especial, las empresas productoras de alimentos afrontan la merma natural de la caducidad de sus artículos, ya sea por el tiempo de almacenamiento o por condiciones ambientales (Fernández Díaz, 2017). Para disminuir o eliminar este problema, es importante utilizar una política de inventarios eficiente, acorde con las características de los productos. La determinación de niveles de inventario se asocia a la gestión de flujos físicos, los cuales permiten controlar los inventarios, de tal forma que se minimicen los costos administrativos y operativos en el almacén, además de que se mejoren los tiempos de recepción, almacenamiento y expedición de pedidos. (Laveriano, 2010). En una revisión bibliográfica de treinta artículos seleccionados, Luján et al. (2019) encontraron evidencias que indican que es posible establecer procesos sólidos y transparentes, de manera que se puedan agilizar el flujo de materiales, la gestión logística, control de entrada y salida, entre otros, empleando una distribución adecuada del inventario basado en la clasificación ABC. Por su parte, Nora (2022) hizo una revisión de literatura que busca mejorar la gestión de inventarios en empresas retail y encontró que, desafortunadamente, menos del 40 % de ellas usan la gestión de inventarios bajo la clasificación ABC; sin embargo, concluye que aplicar ABC de inventarios minimiza costos operativos, aumentando la rentabilidad. Mercado (2017) aplicó la clasificación ABC de inventarios para mejorar la productividad en el almacén de una empresa electromecánica de Lima, Perú, y obtuvo beneficios como: mejora en el índice de rotación de inventarios anual, incremento de eficacia en un 10 %, además de un aumento del 20 % en eficiencia, lo cual repercute directamente en la mejora de la productividad. La presente investigación tiene como objetivo implementar la clasificación ABC en una empresa dedicada a la producción de alimentos, identificar los productos de mayor impacto en la empresa, así como proponer estrategias de redistribución de inventario con el fin de agilizar el flujo de materiales que contribuyan a reducir los problemas de mermas por caducidad, excedentes, faltantes, etc.

## 2. METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló en uno de los almacenes de producto terminado de una empresa productora de alimentos en el estado de Sinaloa. Consideramos la aportación de Hernández, Fernández y Baptista (2014), quienes mencionan que la investigación es un proceso estructurado por estos ciclos:

1. Detección y diagnóstico del problema de investigación
2. Elaboración del plan para solucionar el problema e introducir el cambio
3. Implementación del plan y evaluación de resultados
4. Realimentación, lo cual conduce a un nuevo diagnóstico

La metodología es propuesta por los autores, consiste en la aplicación de técnicas cualitativas y cuantitativas en diferentes etapas del estudio. A continuación se explican dichas etapas:

## 2.1 Diagnóstico de la situación inicial

La primera etapa de la metodología a emplear consistió en analizar el método de operación dentro del almacén y detectar oportunidades de mejora para posteriormente establecer un diagnóstico en cuanto a distribución del inventario, flujo de materiales, así como otros factores que pueden intervenir en entorpecer las actividades operativas del almacén. Mediante observación, se detectaron problemas de distribución visibles, entre los cuales se identificaron variedades de productos terminados mezclados, obstrucción de pasillos, daños en empaques por un inadecuado manejo de materiales, entre otros. Véase la Figura 1.

**Figura 1**

*Situación inicial del almacén*



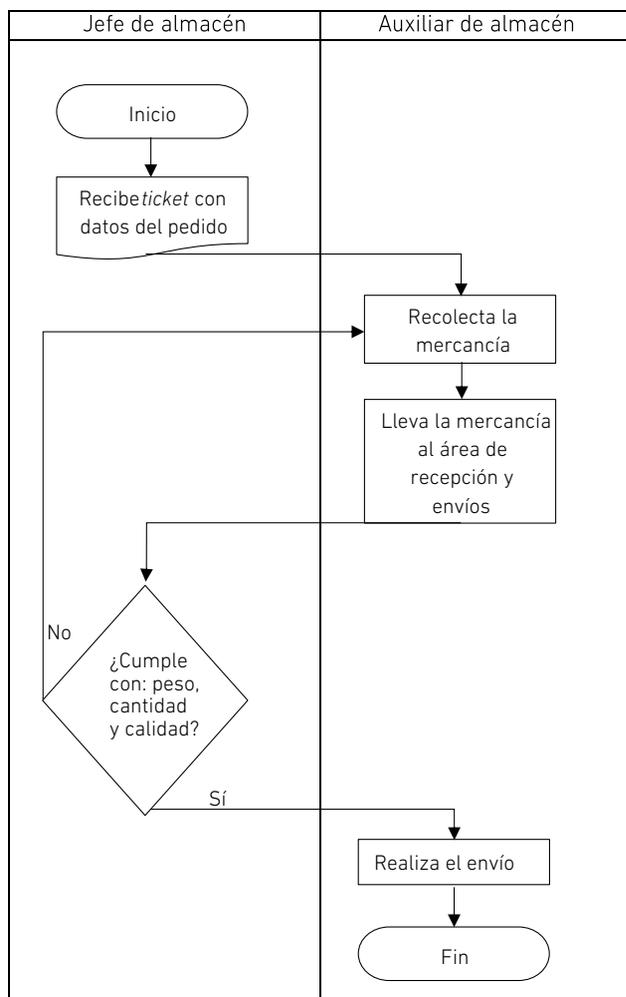
Se identificaron específicamente los productos que se resguardan en el almacén bajo estudio: asientos, chicharrón, chilorio, machaca y manteca. Estos productos son empacados en bolsas de diferentes presentaciones para su venta al consumidor; posteriormente, se almacenan en bloques, separados entre sí, algunos en cajas de cartón y otros en taras. Cabe señalar que los productos anteriormente mencionados no requieren mantenerse refrigerados; por lo tanto, se utilizan ventiladores dentro del almacén para conservarlos frescos.

El proceso de recepción de mercancía se resume en los siguientes pasos: el jefe del almacén inspecciona el producto o insumo y registra la información de entrada al inventario; después, el operador almacena dicha mercancía en el lugar correspondiente.

El proceso de envío de productos: el jefe de almacén recibe el tique con los datos del pedido a surtir; el operador recolecta la mercancía, la lleva al área de recepción y envíos donde se verifica peso, cantidad y calidad; si cumple con lo solicitado, se hace el envío; de lo contrario, el operador ingresa de nuevo al almacén para completarlo.

**Figura 2**

*Proceso de envío de productos*



Se llevó el registro de las ventas de cada producto durante dieciocho semanas. Esos datos se pueden apreciar en la Tabla 1, donde se observa que el producto con mayor venta es el chilorio, seguido de la manteca, asientos, chicharrón y, en menor medida, machaca; esta última es el producto que registra menos unidades vendidas en el periodo estudiado.

**Tabla 1**

*Ventas de productos en unidades*

Producto	Semana																		Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Asientos	52	58	32	74	58	65	82	50	76	54	83	47	91	39	110	131	83	54	1 239
Chicharrón	80	101	88	60	186	51,2	80	15	98	31,6	10	45	36	137	35	46	29,4	90	1 219
Chilorio	176	143	137	507	415	184	186	173	50	182	80	170	570	78	198	132	201	216	3 798
Machaca	32	41	83	26	114	54	70	30	27	42	35	24	68	27	45	87	16	50	871
Manteca	129	82	148	147	468	86	189	89	55	137	72	122	122	75	170	58	81	34	2 264

Para tener un panorama inicial cuantitativo, se establecieron y midieron indicadores de desempeño en el flujo de materiales: rotación de inventarios y duración del inventario. Las fórmulas usadas en los cálculos se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Fórmulas de indicadores de desempeño*

Indicador	Fórmula
Rotación de inventarios	Unidades vendidas/Inventario promedio
Duración del inventario	Promedio del inventario final/Ventas promedio

*Nota.* De Adam y Ebert (1991)

Se diseñaron formatos que permitieron recabar la información necesaria y medir cada indicador de desempeño. El personal de almacén llenó los datos durante cuatro semanas; se sustituyeron en las fórmulas presentadas en la Tabla 2 y se obtuvieron los resultados que muestra la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Situación inicial de indicadores de desempeño*

Producto	Rotación de inventarios (unidades)	Duración del inventario (días)
Asientos	18,47	24
Chicharrón	45,3	36
Chilorio	206,75	12
Machaca	7,79	7,85
Manteca	95,32	10

## 2.2 Generación de propuestas de redistribución

La segunda etapa de la metodología consistió en generar propuestas de redistribución de inventario en el almacén seco, aplicando primeramente la clasificación ABC, la cual es similar al principio de Pareto desde el punto de vista de inventarios Benites Gutiérrez y González Vásquez (2022). Debido a que la empresa no tiene el dato de los costos por unidad de los productos bajo estudio, se clasificaron los inventarios considerando sus ventas en unidades. La metodología ABC consiste en clasificar la mercancía en tres categorías: A para los artículos que tienen mayor venta; B para aquellos productos que tienen venta regular; y C, aquellos que representan menor volumen de ventas.

Una vez conocida la demanda de cada producto, se calculó la participación relativa de este con respecto al total de las unidades vendidas (dividiendo las unidades vendidas del producto entre la sumatoria de todas las ventas). Posteriormente, se calculó el porcentaje acumulado del inventario y, con dicho porcentaje, se establecieron las clasificaciones del inventario: en A (color verde), aquellos que tienen un porcentaje de unidades vendidas acumulado igual o menor al 80 %; en B (color naranja), los productos con porcentaje acumulado menor o igual a 95 %; y en C (color rojo), el 5 % restante. Véase la Tabla 4.

## 2.3 Implementación

En la tercera etapa, se implementó la redistribución del inventario bajo la metodología ABC propuesta. Para ello, se identificaron los materiales disponibles como estantes, cajas, taras, entre otros, y se solicitó al director de la empresa los insumos adicionales requeridos, sobre todo para cuestiones de etiquetado y código de colores. La implementación de la redistribución del almacén seco requirió de tres días, debido a las grandes cantidades de mercancía de cada producto. Además, se requirió hacer limpieza porque los chicharrones y asientos derraman grasa en el piso, y quitarla no es sencillo. Sumado a esto, se actualizó el estado de los inventarios en el sistema de registro porque se realizó el conteo físico de las mercancías.

## 2.4 Evaluación de resultados

En la cuarta y última etapa, se midieron de nuevo durante cuatro semanas los indicadores de desempeño de rotación y duración de inventarios. Para el registro de la información, se utilizaron los formatos en físico establecidos en la primera etapa del estudio, y el procesamiento de los datos se realizó en Microsoft Excel, a fin de hacer más sencillo sustituir los valores en las fórmulas y obtener los resultados. Las Tablas 4 y 5 muestran la comparación entre el estado inicial y el estado final de la rotación y duración de inventario de cada producto.

**Tabla 4**

*Comparación de situación inicial y final en la rotación de inventario*

Producto	Rotación inicial de inventario (unidades/semana)	Rotación final de inventario (unidades/semana)	Diferencia de rotación de inventario (unidades/semana)
Asientos	18,47	25,61	7,14
Chicharrón	45,3	52,32	7,02
Chilorio	206,75	215,96	9,21
Machaca	7,79	12,47	4,68
Manteca	95,32	128,24	32,92

**Tabla 5**

*Comparación de situación inicial y final en la duración de inventario*

Producto	Duración inicial de inventario (unidades/semana)	Duración final de inventario (unidades/semana)	Diferencia de duración final de inventario (días)
Asientos	24	18	6
Chicharrón	36	32	4
Chilorio	12	10	2
Machaca	7,85	7	0,85
Manteca	10	8	2

Se observa que, al restar la rotación final menos la rotación inicial, los cinco productos tuvieron una diferencia positiva; es decir, su rotación se vio incrementada, lo cual es favorable porque significa que el inventario se está moviendo, está saliendo y reabasteciendo con más frecuencia.

Por su parte, si se compara la duración de inventario expresada en días de la Tabla 5, es posible identificar que, en los cinco productos, este indicador disminuye, lo que es positivo porque significa que los productos permanecen menos tiempo resguardados en el almacén seco.

### 3. RESULTADOS

Con la información recabada de la empresa, se determinó la clasificación ABC de los inventarios del almacén seco de la empresa productora de alimentos en Sinaloa. En la Tabla 6, se observa que el chilorio, la manteca y los asientos son productos categoría A; es decir, son los que se venden con más frecuencia o en mayor cantidad (78 %); por lo tanto, deben ubicarse cerca de la única puerta del almacén para que su ingreso,

resguardo y salida de ese espacio sean más rápidos y con menor distancia recorrida. Por su parte, el chicharrón representa un 13 % de las ventas en unidades del inventario; es el único producto de clasificación B y debe tener una ubicación intermedia. Finalmente, la machaca es categoría C y representa un 9 % de participación en las ventas.

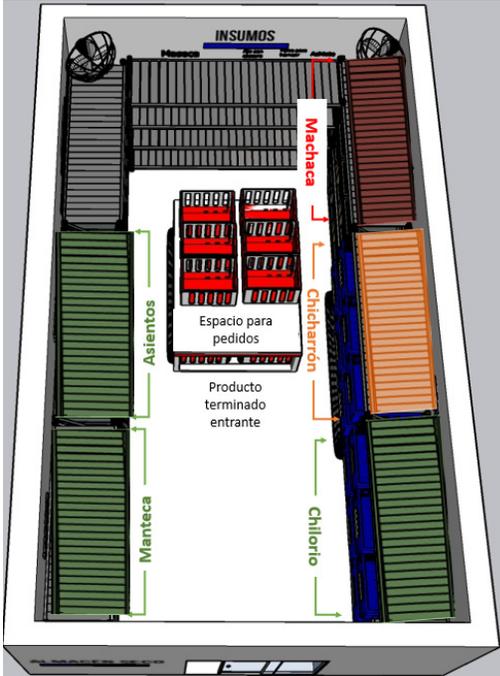
**Tabla 6***Clasificación ABC*

Producto	Unidades vendidas 2021	Participación relativa inventario	Participación acumulada inventario	ABC	Participación acumulada productos	Porcentaje representación inventario
Chilorio	3797,58	40 %	40 %	A	20 %	78 %
Manteca	2264	24 %	65 %	A	40 %	
Asientos	1239	13 %	78 %	A	60 %	
Chicharrón	1219,03	13 %	91 %	B	80 %	13 %
Machaca	871	9 %	100 %	C	100 %	9 %
	9390,61					

Una vez clasificados los productos, se utilizó SketchUp para generar la propuesta de redistribución que se presentó a la alta dirección de la empresa productora de alimentos. En las Figuras 3, 4 y 5, se observa como sugerencia separar los espacios en zonas de estantes por cada producto terminado, incluir ayudas visuales como colores que indiquen al operario si el producto es nuevo (rojo), si está en espera (amarillo) o si ya debe salir del recinto (verde). Además, se identifica cada java con una tarjeta que informa el lote del producto, su nombre y la cantidad que hay en cada tara; esto facilita el proceso PEPS (Primeras Entradas Primeras Salidas). La Figura 5 muestra que, como se mencionó anteriormente, la machaca es de categoría C porque su salida es esporádica; su ubicación está al final del almacén; sin embargo, el operario tiene fácil acceso a ella.

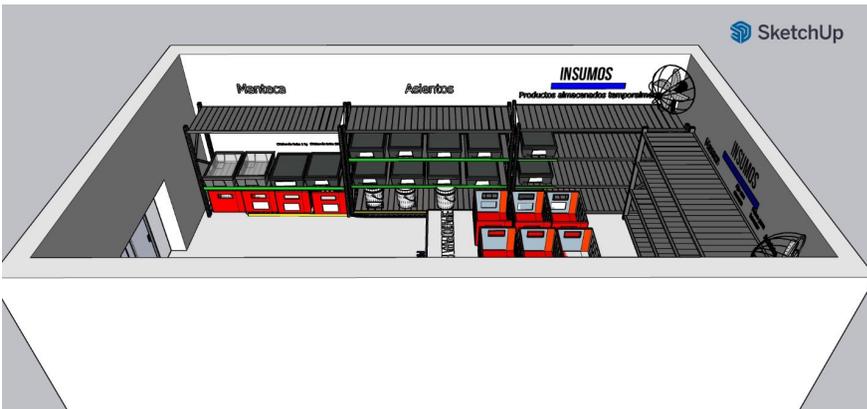
**Figura 3**

*Propuesta de redistribución de inventario en almacén, vista superior*



**Figura 4**

*Propuesta de redistribución de inventario en almacén, vista lateral izquierda*



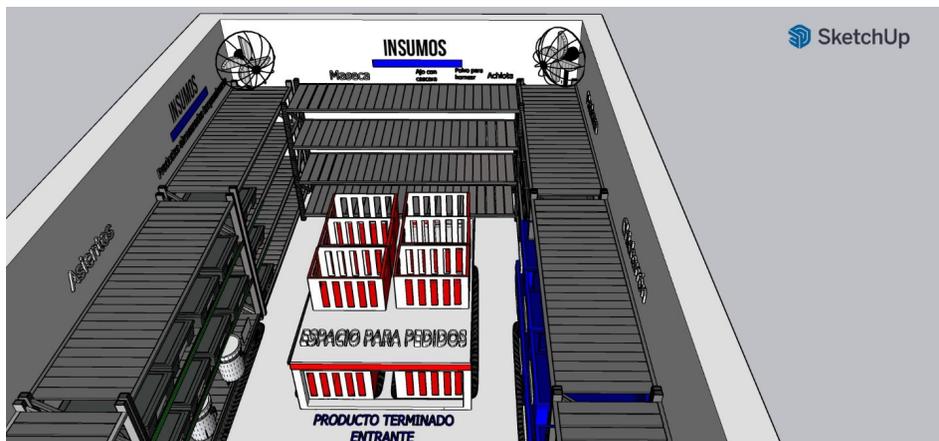
**Figura 5**

*Propuesta de redistribución de inventario en almacén, vista lateral derecha*



**Figura 6**

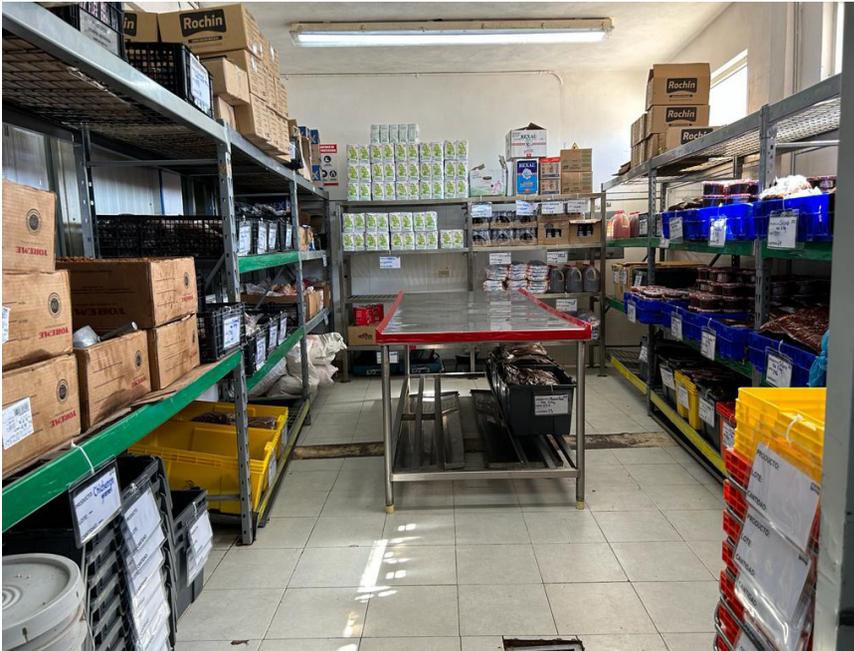
*Propuesta de redistribución de inventario en almacén, vista al fondo*



Una vez aprobada la propuesta de redistribución de inventario por el director, quien indicó como parámetro principal poca inversión para las modificaciones, se procedió a realizar todos los cambios sugeridos. Para ello, se sacaron todos los productos del almacén, se realizó una limpieza profunda, se marcaron los espacios para cada producto, y se ubicaron los estantes, taras, cajas, charolas y demás contenedores. El resultado se muestra en la Figura 7.

### Figura 7

Situación final del almacén



Sumada a las mejoras visibles de organización y limpieza que muestra la Figura 6, la redistribución del inventario en el almacén seco generó cambios incluso para el personal; volvió más sencillas las tareas realizadas, además de ahorrar tiempos de identificación, almacenamiento y preparación de mercancías. Una vez concluida la implementación, se capacitó al personal de almacén para que continúen implementado la nueva distribución e identificación de las mercancías. Se midieron nuevamente los indicadores de desempeño y se obtuvieron los resultados de la Tabla 7.

### Tabla 7

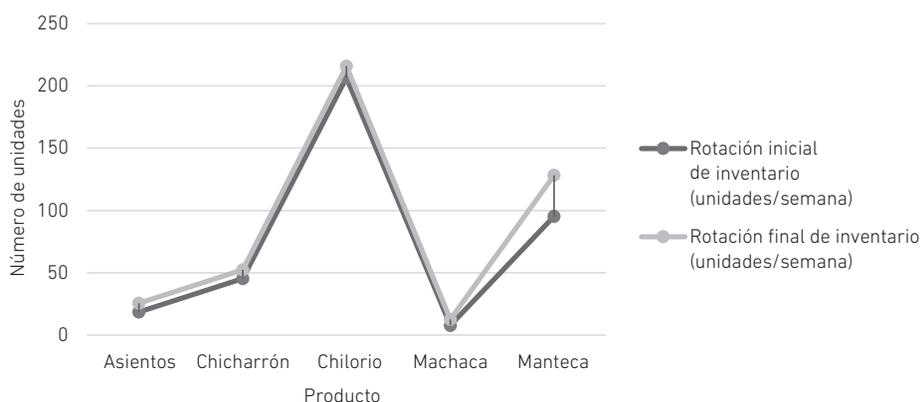
Situación final de indicadores de desempeño

Producto	Rotación de inventarios	Duración del inventario (días)
Asientos	25,61	18
Chicharrón	52,32	32
Chilorio	215,96	10
Machaca	12,47	7
Manteca	128,24	8

Cardona-Tunubala, Orejuela-Cabrera & Rojas-Trejos (2018) mencionan que la rotación de inventarios representa el número de veces que el inventario se reabastece; por lo tanto, mayor es mejor porque indica que hay un flujo constante de mercancía. Por su parte, la duración del inventario significa el tiempo que los productos permanecen almacenados; por lo tanto, menor es mejor, dado que indica que la mercancía está sin movimiento. Las Figuras 8 y 9 muestran la comparación y evidencian la mejora en los indicadores de desempeño evaluados.

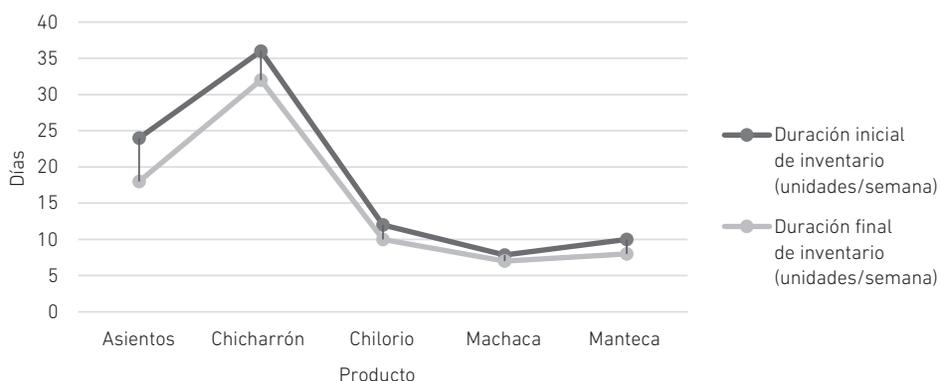
**Figura 8**

*Comparación de situación inicial y final, rotación de inventarios*



**Figura 9**

*Comparación de situación inicial y final, duración del inventario*



#### 4. DISCUSIÓN

Al terminar la presente investigación, se mejoró en promedio la rotación de inventarios de los productos bajo estudio, incrementándose 12,19 unidades por semana. Mientras que la duración promedio del inventario de los cinco productos se redujo 2,97 días, resultados que coinciden con los de Zamora y Rojas (2021), quienes realizaron una investigación para diseñar un sistema de gestión de inventarios empleando la clasificación ABC en una empresa de despacho de repuestos: obtuvieron un incremento de 10 % en la rotación y una reducción del 15 % en la duración del inventario. Por su parte, Morales y Bravo (2021) también redujeron la duración de inventario cuatro días y mejoraron la rotación seis veces por año en el almacén de la farmacia NIMADI E. I. R. L. tras un estudio para mejorar la gestión de inventarios aplicando la clasificación ABC de los productos.

Lo anterior manifiesta los beneficios de una clasificación de mercancías adecuada. Como mencionan Calcina et al. (2009), la clasificación de los artículos, bajo la metodología ABC, permite que la empresa centre su atención en aquellos que representan mayor rotación. No se trata únicamente de ubicarlos cerca de los accesos, sino de establecer medidas de control más específicas para cada categoría de productos. Obviamente que los artículos categoría A requieren mayor esmero, porque tienen mayor flujo o movimiento. La empresa requiere conocer la información precisa de este tipo de productos (chilorio, manteca y asientos), a fin de garantizar un buen nivel de servicio y que no haya faltantes, con lo cual se logrará la satisfacción del cliente. Toro y Bastidas (2011) emplearon, entre otras cosas, la clasificación ABC para la gestión de inventarios en una empresa minorista y concluyeron que la empresa de electrodomésticos bajo estudio logró una reducción de costos del 50 % solamente por evitar rupturas en el inventario.

#### 5. CONCLUSIONES

Sin duda, pequeños cambios hacen la diferencia. El proyecto tuvo beneficios para el empresario, para los trabajadores de almacén y para el cliente. Además, prácticamente no requirió mayor inversión. Se reutilizaron taras sin uso que se tenían en el almacén de empaque, se hicieron etiquetas en hojas blancas enmicadas para borrar el marcador y se actualizó la información de las mismas; además, se emplearon los mismos estantes que se tenían desde el inicio. Lo único que se requirió fue hacer el análisis de los inventarios, conocer los productos que se resguardan en el almacén, al igual que las ventas que tiene cada uno.

Como empresa productora de alimentos, mercancía perecedera, es clave para la empresa que haya una buena gestión de los productos. El objetivo de redistribución de inventario del almacén basado en la clasificación ABC se logró; pero es necesario ir más allá: la empresa debe ser constante y supervisar que los cambios sigan

implementándose. Además, tiene que buscar nuevas oportunidades de mejora como la ampliación del almacén.

## REFERENCIAS

- Adam, E. E., & Ebert, R. J. (1991). *Administración de la producción y las operaciones: conceptos, modelos y funcionamiento*. Pearson Educación. [https://www.academia.edu/9060460/Administracion\\_de\\_la\\_produccion\\_y\\_las\\_operaciones\\_conceptos\\_modelos\\_y\\_funcionamiento](https://www.academia.edu/9060460/Administracion_de_la_produccion_y_las_operaciones_conceptos_modelos_y_funcionamiento)
- Benites Gutiérrez, L. A., & González Vásquez, J. A. (2022). Gestión de operaciones industriales. *Revista de Ingeniería Industrial con enfoque en la industria 4.0*, 1(1), 1-83.
- Cardona-Tunubala, J. L., Orejuela-Cabrera, J. P., & Rojas-Trejos, C. A. (2018). Gestión de inventario y almacenamiento de materias primas en el sector de alimentos concentrados. *Revista EIA*, 15(30), 195-208. <https://doi.org/10.24050/reia.v15i30.1066>
- Fernández Díaz, M. Á. (2017). Manual. Preelaboración y conservación de carnes, aves y caza (UF0065). *Certificados de profesionalidad, Cocina (HOTR0408)*. Editorial CEP.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). Mc Graw Hill Educación. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Laveriano, W. (2010). Importancia del control de inventarios en la empresa. *Actualidad empresarial*, 1(198). <https://www.scribd.com/document/241833357/Importancia-del-control-de-inventarios-en-la-empresa-pdf>
- Luján, C. J., Romero, F. A., Estrada, H. R., & Coronel, J. C. (2019). *Aplicación de la herramienta ABC en la optimización de inventarios en las empresas productoras, un estudio de la revisión sistemática*. [Tesis de bachiller]. Repositorio institucional de la Universidad Privada del Norte. <http://hdl.handle.net/11537/24209>
- Mercado, C. L. (2017). *Aplicación de la metodología de inventarios ABC para mejorar la productividad en el área de almacén de una empresa electromecánica*. [Tesis de licenciatura]. Repositorio institucional de la Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/15812>
- Morales, M., & Bravo, S. (2021). *Mejora de la gestión de inventario y almacén de la farmacia Nimadi E. I. R. L. para reducir los costos logísticos*. [Tesis de licenciatura]. Repositorio institucional de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/26991>

- Nora, N. (2022). *Gestión de inventarios ABC en las empresas: una revisión de la literatura sistemática entre los años 2011 y 2021*. [Tesis de bachiller]. Repositorio institucional de la Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/32176/Nora%20Velasquez%20Norma-Parcial.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Toro Benítez, L. A., & Bastidas Guzmán, V. E. (2011). Metodología para el control y la gestión de inventarios en una empresa minorista de electrodomésticos. *Scientia Et Technica*, XVI (49), 85-91. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84922625015>
- Zamora, O., & Rojas, H. (2021). *Diseño de un sistema de gestión de inventarios para reducir los tiempos de despacho de repuestos en la empresa VEHICARS S.A.C.* [Tesis de licenciatura]. Repositorio institucional de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/28960>

**CALIDAD  
Y MEDIOAMBIENTE**

---

**QUALITY AND ENVIRONMENT**



# BARRIERS AND DIFFICULTIES FOR THE IMPLEMENTATION OF HACCP SYSTEMS IN FOOD COMPANIES IN LIMA, PERÚ\*

Karen Sotomayor Quispe

<https://orcid.org/0000-0002-9761-8856>

Facultad de Industrias Alimentarias,  
Universidad Nacional Agraria - La Molina, Lima, Perú

Marcial Ibo Silva-Jaimes\*\*

<https://orcid.org/0000-0002-4648-4907>

Facultad de Industrias Alimentarias,  
Universidad Nacional Agraria - La Molina, Lima, Perú

Recibido: 30 de diciembre del 2022 / Aceptado: 3 de febrero del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n44.6077>

**ABSTRACT.** In Peru, only 1 % of food processing companies located in Metropolitan Lima have obtained a technical validation for their HACCP plan. The low adherence to safety systems raises the goal of identifying the main barriers and difficulties for the implementation of the HACCP system. Data was collected by sending a questionnaire to 32 companies. In order to define the underlying structure of the barriers and difficulties identified we performed an exploratory factor analysis (EFA) and confirmatory factor analysis (CFA) based on a selection of nineteen (19) items, identifying four new factors that account for 66,7 % of the overall variability. After assessing their relevance, it was found that barriers and difficulties at the organizational/managerial level (F1) and in adaptation (F4), such as infrastructure and employee's perception, were more relevant than attributes involving execution (F2), which comprises singular processes such as time, staff turnover, technology and others.

**KEYWORDS:** hazard analysis and critical control point / food security / food industry / safety regulations / Peru

---

\* Este estudio no fue financiado por ninguna entidad.

\*\* Autor corresponsal.

Correos electrónicos en orden de aparición: 20101498@lamolina.edu.pe; misilva@lamolina.edu.pe

## BARRERAS Y DIFICULTADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA HACCP EN EMPRESAS DE ALIMENTOS DE LIMA, PERÚ

**RESUMEN.** En Perú, solo el 1 % de empresas de alimentos y bebidas cuentan con validación técnica del plan HACCP. La baja adhesión a los sistemas de inocuidad plantea el objetivo de identificar las principales barreras y dificultades para la implementación del sistema HACCP. La recolección de datos se realizó por medio de un cuestionario a 32 empresas. Para definir la estructura subyacente entre las barreras y dificultades identificadas se realizó el análisis factorial exploratoria y confirmatoria a partir de 19 ítems seleccionados, identificándose cuatro factores que explicaron el 66,7 % de la variabilidad total. Al evaluar su importancia, las barreras y dificultades a nivel organizacional/gerencia (F1) y en la adaptación (F4), como infraestructura y percepción de los empleados se consideraron más relevantes que los atributos con respecto a la ejecución (F2), donde se ve instancias de procesos singulares como el tiempo, rotación del personal, tecnología, entre otros.

**PALABRAS CLAVE:** análisis de peligros y puntos de control crítico / seguridad alimentaria / Industria alimentaria / reglamentos de seguridad /Perú

## 1. INTRODUCTION

Hazard analysis and critical control points (HACCP) is a food safety management system recognized by the international community as a guideline for controlling foodborne safety hazards (Kafetzopoulos et al., 2013). HACCP uses a systematic approach to identify, assess, and control hazards in food production, distribution and storage in order to prevent foodborne illness (Kafetzopoulos et al., 2013; Farooq et al., 2021). The HACCP system has proven more effective at achieving safe, high-quality food than traditional quality control methods, in turn creating a positive image for the company (Shuvo et al., 2019). Taking the global COVID-19 pandemic into account and in spite of a lack of solid evidence on foodborne transmission of SARS-CoV-2, Silva-Jaimes (2020) points out that the pandemic has stressed the true importance of food safety, in particular the implementation of Good Manufacturing Practice (GMP) and HACCP at all stages of the food supply chain, emphasizing the need to establish and maintain such preventive measures from farm to table. According to Jubayer et al. (2022), the documentation and records generated by HACCP makes it undeniably easier to trace contamination sources, avoid the production of unsafe food and reduce the consumption of labor, materials and financial resources.

Government authorities worldwide have adopted food safety controls using the HACCP system as defined under the CAC General Principles of Food Hygiene (2020). According to Pop et al. (2018), these government regulations have helped set baseline quality and food safety standards to guarantee the population's access to safe food and combat fraudulent market practices. With MINSA's (Peruvian Ministry of Health) approval of the Sanitary Standard for the Application of the HACCP System in the Manufacture of Food and Beverages (2006), HACCP became a mandatory legal standard for the production and sale of food in Peru. The adoption of HACCP as a legal requirement is primarily aimed at the identifying, assessing and controlling hazards at critical control points, leading to higher product quality and safety as well as increased consumer protection and confidence (Birhanu et al., 2017), providing manufacturers with a scientific methodology that allows them to control production quality instead of inspecting finished products (Liu et al. 2021). While these regulations have evolved in complexity and rigor over the years (Pop et al., 2018), the HACCP system is far from perfect. Many of its shortcomings stem from inevitable variations that are inherent to the implementation process. It often proves difficult to identify the specific causes of such flaws (Kafetzopoulos et al., 2013), given that the responsibility of implementing the standards falls squarely on the organization without any involvement from the state, which limits itself to establishing the regulatory requirements (Albersmeier et al., 2009).

According to the Peruvian Institute of Statistics (INEI) (2018), 91 % of all companies in Metropolitan Lima engaged in the production of food and beverage products are

microenterprises (12,440 companies); 6 % are small enterprises (834); and 3 % (351) are medium to large enterprises, of which only 2 % (191) possess a certificate of compliance with the Codex Alimentarius Principles of General Hygiene (PGH) and 1 % (133) possess a technical validation for their HACCP plan (DIGESA-MINSA, 2018). There is data that illustrates the low adherence to preventive health standards to ensure food safety; Baş et al. (2007) state that potential barriers to effective HACCP implementation vary from country to country and sector to sector; Fotopoulos et al. (2011) and Barbancho-Maya & López-Toro (2022) recommend conducting more research in order to get a fuller picture with specific information on the main factors that influence the effectiveness of HACCP systems, given that the literature points the existence of several interrelated factors that interfere with the system's successful implementation and application. This situation sparked our interest in investigating to identify the main barriers and difficulties in the development and implementation of HACCP systems in Peruvian food processing companies located in Metropolitan Lima as a necessary first step toward understanding their nature for the development of any effective implementation strategy.

## 2. METHODOLOGY

The research was conducted participating companies from the food and beverage industry in Metropolitan Lima registered in the DIGESA-MINSA database. The data collection period ran from November 2018 to April 2019. The sample consisted of thirty-two companies selected at random from a list of 133 companies registered in the the DIGESA-MINSA database as of September 20, 2018 with an official, technically certified HACCP plan for at least one product line (Sotomayor, 2022).

The data was collected by means of a questionnaire, based on a review of studies on factors that affect the implementation of HACCP systems conducted by Fotopoulos et al. (2011), Baş et al. (2007), Toropilová & Bystrická (2015), Gutiérrez et al. (2011), Moreno (2012), Maldonado et al. (2005), Maldonado-Siman et al. (2009), and Oliveira and Costa (2017). The questionnaire included questions about the companies' demographics (education level of the respondents, company sector, number of employees), the companies' specific situation (level of implementation of BMP and HACCP) and respondents' perceptions of the critical factors that companies encounter in implementing the HACCP system. The questionnaire was sent by e-mail and filled out by a quality executive.

To measure the implementation level of GMP and HACCP, respondents were given twenty-four items on food safety practices to grade their degree of implementation according to a numerical rating scale (where 1 is "start of implementation" and 7 is "fully implemented"). In addition, twelve multiple-choice questions were included to collect data on the operations under the HACCP system at the different companies. The measurement of perceptions on the barriers and difficulties in HACCP implementation

applied a seven-point Likert scale to twenty-seven items, where the number indicates the frequency with which each item affects the implementation of a food safety/HACCP system (1 being "Never"; 2 "Rarely"; 3 "Sometimes"; 4 normally"; 5 "frequently"; 6 "almost always"; and 7 "Always") (Hartley, 2014; Harpe, 2015).

The data analysis involved defining the descriptive statistics with Microsoft Excel (Microsoft, version 16, 2016) to calculate measures of central tendency (mean, median, mode) and dispersion (standard deviation). In addition to statistics on central tendency and dispersion for identifying barriers and difficulties in the implementation of HACCP systems, we also evaluated the distribution of responses (frequency table and normality test). To understand whether perceptions about barriers and difficulties in implementing HACCP systems could be "grouped" into a smaller set of latent variables, an exploratory factor analysis (EFA) was used based on statistics such as the Kaiser–Meyer–Olkin coefficient, Bartlett's test of sphericity, P-value, the measure of sampling adequacy (MSA), cumulative variance and Cronbach's alpha coefficients in accordance to the pre-established theory (Lloret et al., 2014; Hair et al., 2014; Aráuz, 2015). The SPSS 22 (IBM, version 22, 2014, Chicago, IL) statistical package for social sciences was applied for this purpose. The factors identified in the EFA were validated by confirmatory factor analysis (CFA) using Amos 22 software (IBM, version 22, 2014, Chicago, IL), by evaluating convergent validity ( $AVE > 0,6$ ; construct reliability  $> 0,67$ ), nomological validity (significant correlations between latent constructs in the measurement model) and discriminant validity ( $AVE > Corr^2$ ) in addition to the degree of fit of the model (Normed fit index (NFI)  $\geq 0,90$ , Goodness-of-fit index (GFI)  $\geq 0,90$ , Chi-square/degrees of freedom ( $\chi^2/DF$ )  $< 3$ , Root mean square residual (RMR)  $\leq 0,08$ , and Standardized root means square residual (SRMR)  $\leq 0,08$ ) as suggested by Hair et al. (2014), Alcántara (2016) and Martínez and Fierro (2018).

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1 Profile of the Companies Surveyed

Of the thirty-two companies surveyed, 13 % are chocolate companies, 22 % produced beef and/or poultry, 16 % produced grain and/or legumes, 6 % produced foods prepared with and without heat treatment (industrialized sauces), 9 % produced candied fruit, jellies, marmalades and fruit pulp, 13 % produced powder mixes and 22 % fall under "other." According to their number of employees, 75 % of companies surveyed meet the "medium and large enterprises" category of the Peruvian Institute of Statistics (INEI) (2018), meaning they have 50 or more employees. According to Galstyan & Harutyunyan (2016), this means they have more institutional resources to address barriers in the implementation of HACCP systems, giving them an advantage over smaller organizations. Of those surveyed, 97 % answered that they had a HACCP system in place for at

least one product line as required by the General Directorate of Environmental Health (DIGESA) for official technical validation of the HACCP plan 34 % of respondents stated they had Codex Alimentarius GPFH certification, and 44 % also had other certifications, most notably ISO 9001 and British Retail Consortium (BRC).

### 3.2 Profile of Corporate Officers Who Responded to the Survey

Of the officers who answered the surveys, 47 % were between 31 and 50 years of age, 47 % were under 30, and only 6 % were over 50 years of age. In terms of their education, 94 % reported having obtained their undergraduate degree (university graduates) and 6 % had a postgraduate degree. As for additional training, "Safety" and "HACCP" were the most frequently mentioned topics. According to Oyarzabal & Roweb (2017), these are typically the most important topics, since they involve an understanding of new concepts and categories that should be required even the application of active methodologies. The lack of a clear understanding of the definitions of "hazard" and "risk," for example, is extremely common among HACCP training participants (Oyarzabal, 2015). To date, however, there are no papers examining the effectiveness of interactive modules for teaching key HACCP principles, meaning that people involved in system implementation and maintenance will continue to require this type of training over any other offered in the market.

The surveyed respondents had between 1 and 25 years of experience in the food sector, with a range of 24, a median of 7, and a mode of 3 years. There is no doubt that experience provides hands-on learning that, together with ongoing training, is essential for the effective implementation of HACCP. In regards to the time they had been working for their current employer, 50 % of respondents stated more than 2.75 years (range = 9,67; median = 2,75; and mode = 2).

**Table 1**

*Implementation of food safety practices in Surveyed Companies (mean, median and standard deviation obtained according to numerical rating scale)*

Food safety practices	Mean	Median	s
GMP Handbook	6,81	7	0,543
Program for Calibration and/or Verification of Instruments and/or Measurement Patterns	6,77	7	0,669
Control and recording of temperature in processes and equipment	6,71	7	0,588
Operational standards	6,55	7	0,675
Microbiological tests of your products	6,52	7	1,458
Identification and analysis of critical control points (CCP)	6,48	7	1,546
HACCP Handbook	6,45	7	1,524

Food safety practices	Mean	Median	s
Training programs	6,45	7	1,028
Mechanisms for verification and validation of the cleaning and disinfection program where its effectiveness is demonstrated	6,45	7	1,121
HACCP team	6,29	7	1,657
Programs to monitor and control food safety risks that detect any exceedance of Critical Control Point (CCP) limits	6,26	7	1,653
Identification of product characteristics that create food safety risks	6,23	7	1,407
Review and verification of the operational control system efficiency.	6,13	6	1,384
Establishment of corrective measures	6,13	7	1,803
Appropriate actions to monitor and control whenever a new food safety hazard is detected in the product or at any stage of food processing	5,97	7	1,798
There is evidence regarding the identification of food safety hazards	5,94	7	1,843
Evaluation and classification of each food safety hazard according to the probability of occurrence and its criticality	5,94	6	1,769
Establishment of a monitoring system	5,94	7	1,611
Documented procedures for evaluating food safety risks	5,87	7	1,803
Data collection to assess risk criticality	5,87	7	1,803
Adequacy of methods and devices used to control food safety risks	5,81	6	1,851
Brainstorm to identify food safety risks and their causes	5,77	6	1,746
Use of literature databases to identify hazards and/or food safety risks	5,68	6	1,887
Employees fully recognize the significance and criticality of any food safety hazard	5,55	6	1,748

### 3.3 The Food Safety Situation at the Surveyed Companies

The most common practice (by degree of implementation) among the food safety systems implemented at the surveyed companies is the GMP handbook (mean of 6,81 and standard deviation of 0,543) (Table 1). However, when asked if "employees fully recognize the significance and criticality of all food safety hazards," the mean was only 5,55 (median = 6 and standard deviation = 1,75) (Table 1). Regarding the time required to have authorities conduct a satisfactory official evaluation of a company's HACCP design and implementation, the most common responses were one year (9 respondents) and six months (6 respondents). As for the length of time the companies have had HACCP certification for, one has been certified since 1995 and other eight obtained certifications in 2017 or 2018.

**Table 2**

*Summary of responses obtained from HACCP system operations*

Why was the HACCP system established?	n	%	Do you believe you have enough technical requirements to ensure the functionality of the HACCP system?	n	%
To guarantee food safety	1	3			
To comply with legal and regulatory requirements	3	9	YES	30	97
Both	28	88	NO	1	3
Other	-	-			
Total	32	100			
Did the control authorities help you with the implementation?	n	%	Did control authorities have complaints regarding the functionality of HACCP?	n	%
YES	11	35	YES	3	10
NO	20	65	NO	28	90
Do you believe that the implementation of the HACCP system improved the health safety of the food produced?	n	%	Internal and/or external audit results confirm the adequacy of the methods used to monitor and control food safety risks	n	%
YES	31	0	YES	31	100
NO	0	0	NO	-	-
Since the implementation, have there been any changes?	n	%	he problems regarding the functionality of the HACCP system that arise in your company are:	n	%
YES	28	90	Financial resource attributes	12	35
NO	3	10			
Production conditions	17	63	Human resources attribute (availability, commitment, training and employee disposition)	14	41
Change in legislation	-	-	Company attributes (prerequisite programs, equipment, verification procedures, etc.)	3	9
Both	10	37			
Other	-	-			
Did you set the HACCP system in place yourself or through contracted experts?	n	%	Exogenous attributes –market	4	12
Yourself	13	42			
Contracted expert	2	6	Other (INFRASTRUCTURE)	1	3
Both	13	42			
OTHERS (safety team (2); HACCP team (1))	3	10			

When asked about authorities' involvement, 65 % responded that the authorities did not help with implementation, while 10 % had received objections from the authorities regarding the functionality of their HACCP systems (Table 2). The objections mentioned include authorities' pronouncement on the product or infrastructure conditions, as well as nonconformity with implementation according to inspectors' criteria. Commenting on the subject, Toropilová and Bystrický (2015) argue that it is imperative to understand the open nature of HACCP and enforce legal requirements without a bureaucratic rejection of creativity. Discussions over the legality of the HACCP system have been long-standing, considering that it was initially designed as a tool for self-control. Only 3 % of companies surveyed believe that the implementation of the HACCP system is intended to guarantee food safety and 9 % believe that it is only implemented for the purposes of complying with legal and regulatory requirements, and 88 % responded that it serves both purposes (Table 2).

Živkovic et al. (2022) see more problematic policy frameworks such as national and current European Commission (EU) regulations as obstacles to the development of food supply chains, especially for small food producers. There is a widespread notion, especially in this sector, that food safety regulations are an obstacle to development.

### 3.4 Functioning of the HACCP System at the Surveyed Companies

Of the respondents, 97 % said they met the technical requirements to guarantee the functioning of the HACCP system, while 90 % reported having made changes since implementing the system due to production conditions (63 %) and changes in legislation (37 %) (Table 2). These results support Kafetzopoulos et al.'s (2013) findings that HACCP is a dynamic system and its continuous and effective implementation can help a company produce safe food in the long term. If companies were to disregard the constantly evolving nature of HACCP, they would eventually lose control over it and jeopardize its functionality, as studies by Kafetzopoulos et al. (2013) and Toropilová and Bystrický (2015) have shown. According to Panghal et al. (2018), all members of an organization are responsible for assisting in this task by reporting system issues to the appointed team leader for system maintenance and improvement.

According to Allata et al. (2017), a committed senior management is critical to the system's success, as their power to appoint a head of food safety with sound knowledge and proven experience in food safety in this field grants them special influence on implementation and continuous improvement (Soman & Raman, 2016). Issues with HACCP system functioning experienced by surveyed companies include human resources (availability, commitment, training and employee disposition), as mentioned by 41 % of respondents; financial resources (35 %); exogenous/market factors (12 %); and internal factors (prerequisite programs, equipment, verification procedures, etc.),

noted by 9 %. According to Moza et al. (2017), seafood processors identified cost-related barriers as their top concern. However, they also highlighted barriers related to a lack of staff experience, skills, and commitment.

In general, gaps in attitudes, a correct understanding of HACCP, prerequisite programs, awareness, training and consulting, as well as authority overreach in applying the law and overlapping duties among national regulatory authorities are among the factors that most profoundly impact effectiveness and success of the system's implementation. These observations coincide with Toropilová and Bystrický (2015), who posit that a lack of motivation is the main cause for a failure of the system. In practice, proper HACCP functioning depends the personnel that develops and operates it, as well as the prerequisite programs that support it (Mortimore, 2001). It is also worth noting that respondents' most common answers regarding how food safety could be improved at the company point to staff commitment and training. Indeed, according to Thimoteo da Cunha (2021) most foodborne disease outbreaks occur due to avoidable failures by food handlers that are generally due to poor handling practices, poor use of temperature and exposure time and personal and environmental hygiene problems (Hull-Jackson & Adesiyun, 2019; Wu et al., 2018). All of these factors reflect the personnel's training and their commitment to the system.

### 3.3 Identification of Barriers and Difficulties in HACCP Implementation

Barriers and difficulties regarded as less important in the implementation of the HACCP system (mean < 3,5) include the unreliability of certification bodies, complicated terminology, a need for simple guidelines, excessive paperwork and documentation and difficulties tied to the product type (Table 3).

**Table 3**

*Average and dispersion of the 27 items indicated by the companies as barriers and difficulties in HACCP implementation*

Item	Mean	Mode	s
8. [Inadequate infrastructure conditions at the company]	4,94	6	1,46
4. [Increased financial resources (Cost)]	4,78	5	1,48
1. [Lack of prerequisite programs]	4,75	7	1,8
3. [Employee perception of the value of HACCP]	4,72	5	1,61
7. [Lack of management]	4,5	3	1,5
17. [Lack of managerial commitment to food safety]	4,5	5	1,93
2. [Lack of knowledge about HACCP]	4,47	3	1,65
13. [Lack of staff training]	4,44	3	1,41

(continúa)

*(continuación)*

Item	Mean	Mode	s
21. [Inadequate organizational infrastructure]	4,34	4	1,52
18. [Resistance to change and employee attitudes]	4,31	3	1,42
20. [Low availability of human resources]	4,28	3	1,51
14. [Limited knowledge and skills for HACCP implementation]	4,25	3	1,63
16. [Lack of employee commitment to food safety]	4,19	3	1,49
26. [Inappropriate suppliers]	4,00	3	1,41
6. [Staff turnover]	3,97	3	1,62
5. [HACCP development and implementation time]	3,94	3	1,44
19. [Lack of technical expertise and support]	3,91	3	1,4
22. [Difficulties related to technology and production design]	3,84	3	1,3
25. [Insufficient planning]	3,84	5	1,32
9. [Lack of employee motivation]	3,72	3	1,35
24. [Difficulties in HACCP plan verification and validation]	3,66	3	1,56
15. [Insufficient support from authorities]	3,59	3	1,54
23. [Difficulties related to product type]	3,47	2	1,52
12. [Amount of paperwork, excessive documentation]	3,44	3	1,41
11. [Need for simple guidelines]	3,34	3	1,18
10. [Complicated terminology]	2,78	2	1,24
27. [Unreliability of certification bodies]	2,69	2	1,47

Of the most important items (mean > 3,5), the five highest scores corresponded to inadequate infrastructure conditions at the company, increased financial resources, lack of prerequisite programs, employee perception of the value of HACCP and lack of managerial commitment to food safety, with mean values ranging from 4,5 to 4,94, the standouts being inadequate infrastructure conditions at the company and increased financial resources (cost) with higher means and lower standard deviations (Table 3). In a study by Baş et al. (2007), time and money were identified as the primary barriers to improving food safety. Barbancho-Maya & López-Toro (2022) argue that the high cost of adopting safety management systems in agricultural food companies is the most significant barrier. Similarly, Moreno (2012) notes that one of the main limitations to implementation of the HACCP system is the high cost of infrastructure, while Maldonado et al. (2005) found that investing in new equipment and microbiological tests of the products make for the majority of implementation and operation costs. Welsh manufacturers and

stakeholders also identified time, cost and resources, knowledge, skills, communication and information accessibility barriers for obtaining certification (Evans and Taylor, 2019). However, recent research by Liu et al. (2021) suggests that HACCP certification has both short- and long-term positive impacts on a company's profitability, manufacturing productivity and asset turnover, which leads to higher profits for the company, higher sales growth, increased asset turnover and reduced production costs immediately following certification. Regarding companies' inadequate infrastructure conditions, regulations require that food plant designs be oriented toward achieving a functional operation flow while demanding the least possible amount of food handling (CAC, 2020).

Before applying HACCP, Law N.º 449-2006/MINSA (MINSA, 2006) requires that manufacturers and professionals in charge of food safety quality control verify compliance with requirements and conditions such as physical structure and facilities, environment layout and equipment location, operational aspects and others. However, it is common to find food plants with overcrowded preparation rooms and unhygienic designs, especially small businesses that have increased productivity without expanding their facilities, or companies that have maximized staff and machinery to meet seasonal or temporary peaks in workload, leading them to operate in poorly designed plants (Fotopoulos et al., 2011; Panisello & Quantick, 2001). HACCP implementation is made much more complicated in these situations due to the difficulty of ensuring basic food safety standards, which in turn results in a higher number of CCPs to prevent or reduce the risks of cross-contamination and recontamination of food (Panisello & Quantick, 2001). Jubayer et al. (2022) acknowledge that numerous factors may act as potential barriers at all stages of the HACCP implementation process, placing particular emphasis on the incorrect design of plants and equipment.

One of the significant barriers to HACCP implementation is the lack of prerequisite programs. (Table 3). In DIGESA records (as of September 2018), 191 companies carry a Codex Alimentarius Principles of General Hygiene certification, which represents just 2 % of all registered companies. According to CAC (2003), the low number of companies that have completed HACCP implementation is due to poorly established and even more poorly applied prerequisite programs. The development and implementation of written standard operating procedures in food businesses is one of the first steps in building an effective HACCP system as well as other food safety systems (Baş et al., 2007).

Perceptions about barriers and difficulties in HACCP system implementation were grouped into a smaller set of latent variables (factors) by means of an exploratory factor analysis (EFA), shown in Table 4, based on the following statistics: Kaiser-Meyer-Olkin = 0,777; Bartlett's test of sphericity = 442,378;  $p = 0,000$ ;  $MSA > 0,55$ ; cumulative variance = 66,7 %; and Cronbach's  $\alpha > 0,812$ . We worked with 19 selected items (barriers and difficulties) and singled out four factors that may lead to failed HACCP implementation,

labeled as follows: F1 (Barriers and difficulties at the organizational/managerial level); F2 (Barriers and difficulties in execution/implementation); F3 (Barriers and difficulties in system management); and F4 (Barriers and difficulties in adapting the new design/redesign).

**Table 4**

*Estimation of the measurement model for the 19 items grouped into four factors of barriers and difficulties in HACCP implementation*

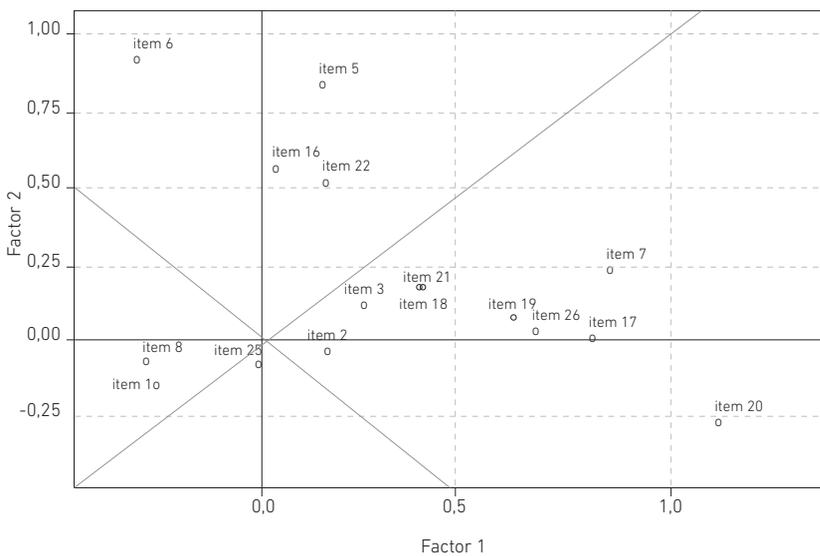
Critical factors in the effective implementation of the HACCP system	Variables	Standardized regression weights	Squared multiple correlations
F1: Barriers and difficulties at the organizational/managerial level (Importance 1)	20. [Low human resources availability]	0,779	0,607
	14. [Limited knowledge and skills for HACCP implementation]	0,858	0,736
	13. [Lack of staff training]	0,823	0,678
	19. [Lack of technical expertise and support]	0,894	0,799
	7. [Lack of management]	0,76	0,577
	21. [Inadequate organizational infrastructure]	0,836	0,699
	17. [Lack of managerial commitment to food safety]	0,713	0,509
	18. [Resistance to change and employee attitudes]	0,801	0,642
F2: Barriers and difficulties in execution/implementation (Importance 4)	26. [Inappropriate suppliers]	0,685	0,469
	4. [Increased financial resources (Cost)]	0,576	0,332
	5. [HACCP development and implementation time]	0,852	0,727
	16. [Lack of employee commitment to food safety]	0,918	0,844
F3: Barriers and difficulties in system management (Importance 3)	6. [Staff turnover]	0,442	0,195
	22. [Difficulties related to technology and production design]	0,822	0,675
	25. [Insufficient planning]	0,81	0,656
F4: Barriers and difficulties in adapting the new design/redesign (Importance 2)	1. [Lack of prerequisite programs]	0,884	0,782
	8. [Improper infrastructure conditions at the company]	0,697	0,486
	2. [Lack of knowledge about HACCP]	0,855	0,731
	3. [Employee perception of the value of HACCP]	0,811	0,658

Figure 1 shows the dispersion reflecting the location of the variables in a space defined by the factors using a saturation graph in factor spaces rotated via the Promax method in two-dimensional space (F1–F2; F1–F3; and F1–F4), offering a visualization of each variable's (item) correlation.

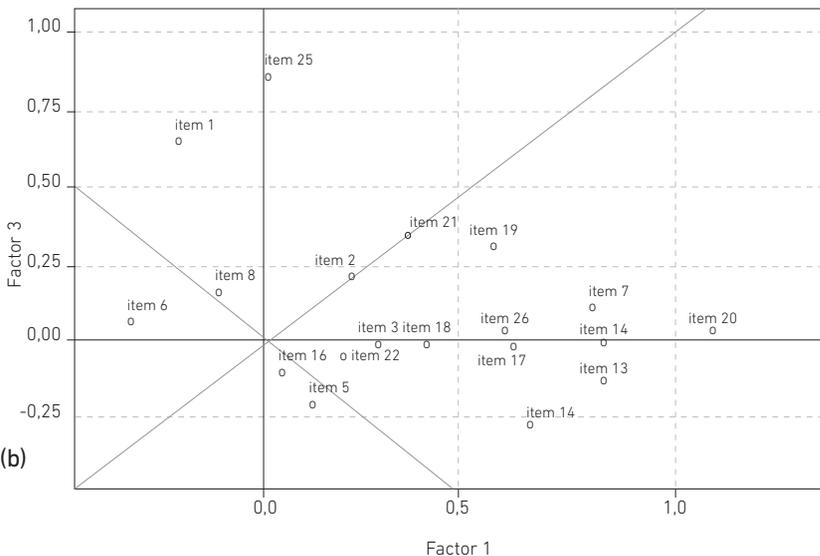
**Figure 1**

*Factor saturation graph for the 19 selected items on barriers and difficulties for HACCP implementation in factor spaces rotated using the Promax method in a two-dimensional space; (a) factor 1 (F1) and factor (F2); (b) factor 1 (F1) and factor (F3); and (c) factor 1 (F1) and factor (F4).*

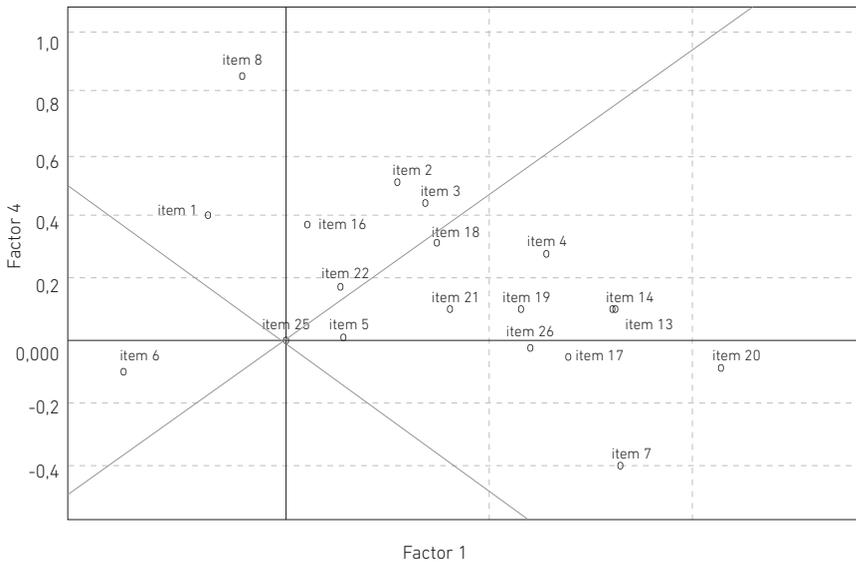
(a)



(b)



(c)



For the first factor (F1), the most correlated variables are Items 20, 13, 14, 7, 26, 17, 19 and 4, while Items 8, 25, and 1 had almost no correlation due to their proximity to origin (Figure 1.a). For the second factor (F2), a clear grouping of variables closely related to the factor can be observed (Items 6, 5, 16, and 22). The variables less correlated to this factor are located nearly at origin (Items 20, 13, 14, 7, 26, 17, 19, 4, 8, 25, 1, 2, 21, 18, and 3). As for the third factor (F3), Items 1 and 25 are positively correlated (Figure 1.b) while for the fourth factor (F4), the same holds true for variables (items) 8, 2, and 3 (Figure 1.c).

The model obtained in the AFE was confirmed using a confirmatory factor analysis (CFA), adjusting the model fit using the unweighted least squares (ULS) method. Table 5 presents the goodness of fit indices for the measurement model, where three of the four parameters ( $\chi^2/\text{gl}$ , NFI, GFI) meet the criteria, corroborating the fit by calculating the standardized root mean square residual ( $\text{SRMR} \leq 0,08$ ) (Martínez & Fierro, 2018).

The evaluation of convergent validity ( $\text{AVE} > 0,6$ ; construct reliability  $> 0,67$ ), nomological validity (significant correlations between the latent constructs in the measurement model), and discriminant validity ( $\text{AVE} > \text{Corr}2$ )—except for F1 with F4 ( $\text{AVE} < \text{Corr}2$ ), which is consistent because they are conceptually correlated—confirm the validity of the measurement model (Table 6).

**Table 5**

*Goodness of fit measures for the measurement model consisting of four factors on the barriers and difficulties of HACCP implementation*

Goodness-of-Fit Measures	Measurement Model
CMIN ()	172 213
Degrees of freedom (DF)	146
Normed fit index (NFI)	0,973
Goodness-of-fit index (GFI)	0,978
Chi-square/degrees of freedom ( $\chi^2/DF$ )	1 180
Root mean square residual (RMR)	0,171
Standardized root means square residual (SRMR)	0,077

*Note.* Indicative of good fit: NFI  $\geq$  0,90, GFI  $\geq$  0,90,  $\chi^2/gl < 3$ , RMR  $\leq$  0,08, SRMR  $\leq$  0,08.

**Table 6**

*Evaluation of the reliability and validity of the measurement model consisting of four factors on the barriers and difficulties for HACCP implementation using confirmatory factor analysis (CFA)*

Reliability statistics: Cronbach's alpha, average variance extracted (AVE), and construct reliability (CR) by factor

Factor	Cronbach's alpha	(AVE)	(CR)
F1	0,934	0,605	0,908
F2	0,843	0,610	0,790
F3	0,812	0,719	0,666
F4	0,832	0,625	0,748

Comparison of AVE estimates with the squared correlations (AVE > corr<sup>2</sup>) for each factor

Factor	F1	F2	F3	F4
F1	0,605*	0,432**	0,212**	0,634**
F2		0,610*	0,109**	0,454**
F3			0,719*	0,524**
F4				0,625*

\*AVE = (number of items = 1... , = standardized factor loading);

\*\*corr<sup>2</sup> (the highest quadratic correlation between the construct of interest and the remaining constructs)

Finally, when assessing the importance of these factors by using their mean values or those of their respective observed variables (Table 4), Factors F1 (Barriers and difficulties at the organizational/managerial level), F4 (Barriers and difficulties in adapting to the new design/redesign) and F3 (Barriers and difficulties in system management) are considered more relevant than F2 (Barriers and difficulties in execution/implementation), which includes variables such as time, staff turnover, and technology, among others.

The review conducted by Fotopoulos et al. (2011) of a series of published papers (1995–2008) shows critical factors for effective implementation where employee attributes, the requirements of the HACCP system and certain important attributes of the company all play a vital role. Jevšnik et al. (2006) described the lack of financial and human resources as fundamental barriers to the implementation of HACCP in small food businesses. However, even when senior management expresses a commitment to allocate financial resources, human resources and training, there is still a series of different barriers to overcome during the implementation process (Panisello & Quantick, 2001).

Staff engagement needs to be paired with a full recognition of the importance and criticality of any food safety hazard (Kafetzopoulos et al., 2013). In food companies, criteria for correct risk identification and prioritization include the quality/safety manager's skill level, knowledge of production processes and "sensitivity" (Rosak-Szyrocka and Abbasi, 2020). However, convincing managers of the importance of food safety is no easy task (Arpanutud et al., 2009). While some argue that the costs exceed the benefits, or that it is a prohibitive expense, others—who are fortunately increasing in number—believe that adopting a food safety management system improves competitive advantage and reduces costs. For Chen et al. (2021), leadership is essential to a good food safety culture. Therefore, owners and managers must demonstrate a full commitment to the proper functioning of safety systems. According to López-Santiago et al. (2022), this makes it easier for all workers to align themselves with senior management in achieving HACCP effectiveness. Organizations should consequently invest in training managers on food safety. Once this has been met, system requirements will no longer be regarded as an unreasonable and unnecessary burden, but rather as an effort to ensure continuous improvement, where senior management is highly motivated to develop and maintain a culture of food safety in their businesses (Jevšnik et al., 2008). It does not suffice to allocate the necessary financial resources and time to develop and implement the HACCP system. This investment needs to go hand in hand with a high level of commitment to food safety on the part of all personnel involved (employees, managers, and executives) (Fotopoulos et al., 2011).

López-Santiago et al. (2022) found that significant barriers to HACCP performance in warehouses include lack of staff training on food safety, low participation of all staff

members in food safety tasks, the application of deficient chemical and microbiological control methods for CCPs and limitations in budget allocation. In general, so-called “technical barriers” that include staff attitude, education, experience and training, among other things, are immense obstacles to overcome since they encompass the entirety of practices and perceptions that negatively affect the proper understanding, implementation and effectiveness of HACCP principles. Behavioral studies on this matter carried out in the United Kingdom, Italy, the United States, Poland and the Philippines confirmed that such barriers are universal in nature (Evans et al., 2020; Tomašević et al., 2016).

Finally, note that only 1 % of the companies located in Metropolitan Lima carry a technical validation of their HACCP plan (DIGESA-MINSA, 2018) and 88 % of those surveyed implemented the HACCP system not only to guarantee safety but also to comply with legal and regulatory requirements. According to Toropilová & Bystrický (2015), when HACCP implementation is made mandatory under a regulatory framework, this centers the focus of compliance on satisfying authorities, hindering its opportunities as a meaningful exercise in achieving safety. It is instead perceived as a bureaucratic obstacle, with the attendant risk that all personnel involved in its implementation and maintenance may consider it a burden. This is no minor detail, as it directly affects the necessary creation of a culture of safety within the organization.

According to Frankish et al. (2021), although the main factors that contribute to foodborne illnesses are contaminated inputs, poor personal hygiene, contaminated equipment and failures in the process, all of these factors are directly or indirectly influenced by individuals' behavior. Thus, the system's successful implementation and maintenance will depend on an organization's overall culture (Jespersen et al., 2019). An attitude of authority obedience that lacks any safety-focused perspective, can lead to a poor implementation of the system and a deterioration in the routine maintenance of measures already in place and the preventive control system. Under such circumstances, the implemented system will slowly become a set of repressive, failure-prone operating practices that lead to an increasing mass of paperwork that exists as mere formality, unless the organization is completely surrounded by business partners with full-fledged, robust HACCP (Toropilová & Bystrický, 2015).

#### **4. CONCLUSIONS**

Infrastructure conditions, increased financial resources, lack of prerequisite programs, employee perception on the value of HACCP and lack of managerial commitment to food safety were the barriers and difficulties with the highest degree of approval (mean values between 4,5 and 4,94). The most important items ( $m \geq 3,5$ ) were in turn grouped into a smaller set of variables, allowing us to see broader dimensions, where the organizational/

management level (F1); adaptation (F4): as infrastructure – employee perception; and management (F3): planning and prerequisite programs, stand out compared to execution (F2), where instances of unique processes such as time, staff turnover and technology are observed. Both results visualize which managerial and operational factors regarding employees and infrastructure/financial cost are interconnected as main barriers and difficulties for HACCP implementation. It is worth mentioning that these companies had an official technical HACCP plan validation for at least 1 product line. Consequently, the result was based on experience, where 97 % of those surveyed believe they meet the sufficient technical requirements to guarantee functionality of the HACCP system, not to mention that 90 % had made changes to the HACCP system since its implementation due to production conditions (63 %) and changes in legislation (37 %).

Knowing the most impactful barriers and difficulties allows companies to foresee and strengthen not only economic aspects (infrastructure) but also the human factor, which starts at the managerial level, where an understanding and commitment to safety principles can foster a culture of safety across the company. Organization is crucial for a successful HACCP implementation and more so for successful food safety management (Sotomayor, 2022).

The low percentage of food and beverage processing companies in Metropolitan Lima that carry official technical HACCP validation of their HACCP plan leads us to reflect on authority involvement (Sotomayor, 2022). The implementation of safety systems must be promoted as part a culture of safety, which will prevent it from being perceived as a bureaucratic obstacle. Because our study has its limitations, however, we suggest that future research collect data be conducted by examining documents, records and interviews as well as direct observation of the activities carried out in the food industry, which will allow to determine the level of implementation of prerequisites and HACCP with homogeneous criteria. All the while, we advise the use of more simplified questionnaires. The questionnaire designed for this study spanned nine pages or five sections in its online version, which could account for the low response rate (54 %).

## REFERENCES

- Albersmeier, F., Schulze, H., Jahn, G., & Spiller, A. (2009). The reliability of third-party certification in the food chain: from checklists to risk-oriented auditing. *Food Control*, 20(10), 927-935. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.01.010>
- Alcántara García, B. (2016). Modelos de factores determinantes del desempeño y compromiso laboral validado con empleados de instituciones de la unión dominicana [Determinant factor models for work performance and commitment validated by workers from Dominican Union institutions]. [Doctoral thesis].

Montemorelos University Institutional Repository. <https://dspace.um.edu.mx/handle/20.500.11972/192>

- Allata, S., Valero, A., & Benhadja, L. (2017). Implementation of traceability and food safety systems (HACCP) under the ISO 22000: 2005 standard in North Africa: The case study of an ice cream company in Algeria. *Food Control*, 79, 239–253. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.04.002>
- Arpanutud, P., Keeratipibul, S., Charoensupaya, A., & Taylor, E. (2009). Factors influencing food safety management system adoption in Thai food-manufacturing firms: Model development and testing. *British Food Journal*. 111(4), 364–375. <https://doi.org/10.1108/00070700910951506>
- Aráuz, A. F. (2015). Aplicación del análisis factorial confirmatorio a un modelo de medición del rendimiento académico en lectura [Application of confirmatory factorial analysis to a measurement model for academic reading performance]. *Revista de Ciencias Económicas*, 33(2), 39–65. <https://doi.org/10.15517/rce.v33i2.22216>
- Barbancho-Maya, G., & López-Toro, A.A. (2022). Determinants of quality and food safety systems adoption in the agri-food sector. *British Food Journal*, 124(13), 219–236. <https://doi.org/10.1108/BFJ-07-2021-0752>
- Baş, M., Yüksel, M., & Çavuşoğlu, T. (2007). Difficulties and barriers for the implementing of HACCP and food safety systems in food businesses in Turkey. *Food Control*, 18(2), 124–130. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.09.002>
- Birhanu, W., Hagos, Y., Bassazin, G., & Mitku, F. (2017). A Review on Hazard Analysis Critical Control Point in Milk and Milk Products. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 12 (1), 52–65. [https://www.idosi.org/wjdfs/wjdfs12\(1\)17/7.pdf](https://www.idosi.org/wjdfs/wjdfs12(1)17/7.pdf)
- CAC (Codex Alimentarius Commission). (2003). Código internacional de prácticas recomendadas: principios generales de higiene de los alimentos [International Code of Practice: General Principles of Food Hygiene]. CAC/RPP 1-1969, Revision 4. Fourth edition. Rome, Italy. CAC/RCP 1-1969, Rev.4-2003
- CAC (Codex Alimentarius Commission). (2020). Principios generales de higiene de los alimentos CXC 1-1969. Adoptados en 1969. Enmendados en 1999. Revisados en 1997, 2013, 2020. Correcciones editoriales en 2011 [General Principles of Food Safety CXC 1-1969. Adopted in 1969. Amended in 1999. Reviewed in 1997, 2013, 2020. Editorial corrections in 2011]. 39. [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/de/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXC%2B1-1969%252FCXC\\_001s.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/de/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXC%2B1-1969%252FCXC_001s.pdf)

- Chen, H., Liou, B., Hsu, K., Chen, C., & Chuang, P. (2021). Implementation of food safety management systems that meets ISO 22000: 2018 and HACCP: A case study of capsule biotechnology products of chaga mushroom. *J. Food Sci*, 86, 40–54. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15553>
- Evans, E. W., & Taylor, H. R. (2019). Understanding the barriers to food safety scheme certification in the food and drink manufacturing industry in Wales, UK. *Int. J. Environ. Health Res*, 32(2), 377-392. <https://doi.org/10.1080/09603123.2019.1645307>
- Evans, E. W., Lacey, J., & Taylor, H.R. (2020): Identifying support mechanisms to overcome barriers to food safety scheme certification in the food and drink manufacturing industry in Wales, UK. *Int. J. Environ. Health Res*, 32(2), 377-392. <https://doi.org/10.1080/09603123.2020.1761011>
- Farooq U., Shafi A., Shahbaz M., Khan M. Z., Hayat K., Baqir, M., & Iqbal M. (2021). *Sequencing Technologies in Microbial Food Safety and Quality. Chapter 1, Food Quality and Food Safety: An Introduction*. CRC Press. 500.
- Fotopoulos, C., Kafetzopoulos, D.,Y., & Gotzamani, K. (2011). Critical factors for effective implementation of the HACCP system: a Pareto analysis. *British Food Journal*, 113(5), 578 – 597. <https://doi.org/10.1108/00070701111131700>
- Frankish, E. J., McAlpine, G., Mahoney, D., Oladele, B., Luning, P. A., Ross, T., & Bozkurt, H. (2021). Review article: Food safety culture from the perspective of the Australian horticulture industry. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 63–74. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.007>
- Galstyan, S. H., & Harutyunyan, T. L. (2016). Barriers and facilitators of HACCP adoption in the Armenian dairy industry. *British Food Journal*, 118(11), 1-16. <https://doi.org/10.1108/BFJ-02-2016-0057>
- Gutiérrez, N., Pastrana, E. Y., & Castro, J. (2011). Evaluación de prerrequisitos en el sistema HACCP en empresas del sector agroalimentario [Evaluation of prerequisites for HACCP system in agro-industrial sector companies]. *Rev.EIA.Esc.Ing.Antioq.*, (15), 33-43. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3710996>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2014). *Multivariate Data Analysis* (7th edition). 89-151, 599-638. Pearson.
- Harpe, S. E. (2015). How to analyze Likert and other rating scale data. *Currents in pharmacy teaching and learning*, 7(6), 836-850. <https://doi.org/10.1016/j.cptl.2015.08.001>
- Hartley, J. (2014). Some thoughts on Likert-type scales. *International journal of clinical and health psychology*, 14(1), 83-86. [https://doi.org/10.1016/S1697-2600\(14\)70040-7](https://doi.org/10.1016/S1697-2600(14)70040-7)

- Hull-Jackson, C., & Adesiyun, A. A. (2019). Foodborne disease outbreaks in Barbados (1998-2009): a 12-year review. *J. Infect. Dev Countries*, 13(1), 1-10. <https://doi.org/10.3855/jidc.10404>
- Jespersen, L., Butts, J., Holler, G., Taylor, J., Harlan, D., Griffiths, M., & Wallace, C. (2019). The impact of maturing food safety culture and a pathway to economic gain. *Food Control*, 98, 367-379. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.11.041>
- Jevšnik, M.; Hlebec, V., & Raspor, P. (2006). Meta-analysis as a tool for barriers identification during HACCP implementation to improve food safety. *Acta Alimentaria*, 35(3), 319-353. <https://doi.org/10.1556/aalim.35.2006.3.9>
- Jevšnik, M., Hlebec, V., & Raspor, P. (2008). Food safety knowledge and practices among food handlers in Slovenia. *Food Control*, 19(12), 1107-1118. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.11.010>
- Jubayer, M., Hossain, M., Al-Emran, M., & Uddin, M. (2022). Implementation of HACCP Management System in a Cake Manufacturing Company in Dhaka, Bangladesh: A Case Study. *Journal of Food Quality*, 2022, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2022/5321333>
- Kafetzopoulos, D. P., Psomas, E. L., & Kafetzopoulos, P. D. (2013). Measuring the effectiveness of the HACCP food safety management system. *Food control*, 33(2), 505-513. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.03.044>
- Liu, F., Rhim, R., Park, K., Xu, J., & Lo, C. K. Y. (2021). HACCP certification in food industry: Trade-offs in product safety and firm performance. *Int. J. Production Economics*, 231, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107838>
- Lloret-Segura, S., Ferreres-Traver, A., Hernández-Baeza, A., & Tomás-Marco, I. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: una guía práctica, revisada y actualizada [Exploratory factor analysis of items: a practical, revised and updated guide]. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, 30(3), 1151-1169. <https://doi.org/10.6018/analesps.30.3.199361>
- López-Santiago, J., García, A. I. G., & Gómez-Villarino, M. T. (2022). An Evaluation of Food Safety Performance in Wineries. *Foods*, 11, 1249. <https://doi.org/10.3390/foods11091249>
- Maldonado, E. S., Henson, S. J., Caswell, J. A., Leos, L. A., Martinez, P. A., Aranda, G., & Cadena, J.A. (2005). Cost-benefit analysis of HACCP implementation in the Mexican meat industry. *Food Control*, 16(4), 375-381. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.03.017>
- Maldonado-Siman, E., Martínez-Hernández, P. A., Ruíz-Flores, A., García-Muñiz, J. G., & Cadena-Meneses, J. A. (2009). *Implementation of HACCP in the Mexican*

*Poultry Processing Industry. In International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture. Springer. 1757-1767. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0213-9\\_26](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0213-9_26)*

- Martínez Á. M., & Fierro, M. E. (2018). Aplicación de la técnica PLS-SEM en la gestión del conocimiento: un enfoque técnico práctico [Application of the PLS-SEM technique in knowledge management: a technical-practical approach]. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 8(16), 130-164. <https://doi.org/10.23913/ride.v8i16.336>
- MINSA (Ministerio de Salud). (2006, May 17th). Norma sanitaria para la aplicación del sistema HACCP en la fabricación de alimentos y bebidas. R.M N.º 449-2006/MINSA [Sanitary regulation for the application of the HACCP system in food and beverage production. R.M. N.º 449-2006/MINSA]. *El Peruano*. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/251546-449-2006-minsa>
- Moreno, G. M. J. (2012). Gestión del análisis de peligros y puntos críticos de control [Management of hazard analysis and critical control points]. *Tecnura*, 16(33), 189-202. <https://www.redalyc.org/pdf/2570/257024374014.pdf>
- Mortimore, S. (2001). How to make HACCP really work in practice. *Food Control*, 12(4), 209-215. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(01\)00017-2](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(01)00017-2)
- Moza, A. Al-B., David, J. J., & Shekar, B. (2017). Hazard analysis and critical control point (HACCP) in seafood processing: An analysis of its application and use in regulation in the Sultanate of Oman. *Food Control*, 73 (Part B), 900-915. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.09.042>
- Oliveira, J. M. D. S., & Costa, S. R. R. D. (2017). Implantação e manutenção do sistema APPCC: as barreiras que desafiam as micro e pequenas empresas [Implementation and maintenance of the HACCP system: the barriers faced by micro and small enterprises]. *Hig. Aliment*, 158-162. ID: biblio-846508
- Oyarzabal, O. A., & Rowe, R. (2017). Evaluation of an active learning module to teach hazard and risk in Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) classes. *Heliyon*, 3(4), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00297>
- Oyarzabal, O. A. (2015). Using dice games to teach hazards, risk and outcomes in HACCP classes. *J. Extension*, 53(4), 4TOT7. <https://tigerprints.clemson.edu/joe/vol53/iss4/35/>
- Panghal, A., Chhikara, N., Sindhu, N., & Jaglan, S. (2018). Role of Food Safety Management Systems in safe food production: A review. *J. Food Saf. e12464*, 38 (4), 1-11. <https://doi.org/10.1111/jfs.12464>

- Panisello, P. J., & Quantick, P. C. (2001). Technical barriers to hazard analysis critical control point (HACCP). *Food Control*, 12(3), 165-173. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(00\)00035-9](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(00)00035-9)
- Pop, S. Z., Dracea, R., & Vladulescu, C. (2018). Comparative study of certification schemes for food safety management systems in the European Union context. *Amfiteatru Economic*, 20(47), 9-29. <https://ideas.repec.org/a/aud/audfin/v20y2018i47p9.html>
- Rosak-Szyrocka, J., & Abbase, A. A. (2020). Quality management and safety of food in HACCP system aspect. *Production engineering archives*, 26(2), 50-53. <https://doi.org/10.30657/pea.2020.26.11>
- Shuvo, S. D., Josy, M. S. K., Parvin, R. Zahid, M. A., Paul, D. K., & Elahi, M. T. (2019). Development of a HACCP-based approach to control risk factors associated with biscuit manufacturing plant, Bangladesh. *Nutrition & Food Science*, 49(6), 1180-1194. <https://doi.org/10.1108/NFS-03-2019-0074>
- Silva-Jaimes, M. I. (2020). El SARS-CoV-2 y otros virus emergentes y su relación con la inocuidad en la cadena alimentaria [SARS-CoV-2 and other emerging viruses' relationship to food chain safety]. *Scientia Agropecuaria*, 11(2), 267-277. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.02.15>
- Soman, R., & Raman, M. (2016). HACCP system -hazard analysis and risk assessment, based on ISO 22000:2005 methodology. *Food Control*, 69, 191-195. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.05.001>
- Sotomayor Quispe, K. (2022). Identificación de barreras y dificultades en la implementación del HACCP en empresas de Lima Metropolitana con validación técnica por DIGESA [Identification of barriers and difficulties in implementing HACCP in companies with DIGESA technical validation in Metropolitan Lima]. [Bachelor's thesis] National Agrarian University Institutional Repository. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5304>
- Thimoteo da Cunha, D. (2021). Improving food safety practices in the foodservice industry. *Current Opinion in Food Science*, 42, 127-133. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.05.010>
- Tomašević, I., Šmigić, N., Đekić, I., Zarić, V., Tomić, N., Miocinovic, J., & Rajkovic, A. (2016). Evaluation of food safety management systems in Serbian dairy industry. *Mljekarstvo*, 66(1), 48-58. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2016.0105>
- Toropilová, J., & Bystrický, P. (2015). Why HACCP might sometimes become weak or even fail. *Procedia Food Science*, 5, 296-299. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.09.072>

- Wu, Y. N., Pei, L. P., & Chen, J. S. 2018. Food safety risk assessment in China: Past, present and future. *Food Control*, 90, 212-221. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.02.049>
- Živković, L., Pešić, M. B., Schebesta, H., & Nedović, V. A. (2022). Exploring regulatory obstacles to the development of short food supply chains: empirical evidence from selected european countries. *International Journal of Food Studies*, 11, S1138–S1150. <https://doi.org/10.7455/ijfs/11.SI.2022.a2>



# DECISION-MAKING PROCESS FOR GLUING ON FOOTWEAR PARTS USING ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) AND STATISTICS\*

Armando Mares Castro\*\*

<https://orcid.org/0000-0003-3884-958X>

Tecnológico Nacional de México/ITS de Purísima del Rincón,  
Industrial Engineering Division, Purísima del Rincón, México

Recibido: 10 de noviembre del 2022 / Aceptado 13 de febrero del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n44.6130>

**ABSTRACT.** In manufacturing processes, there are conditions that continually impact decision-making among when choosing among alternatives; the selection is usually influenced by critical aspects such as quality, productivity, costs and customer feedback, among others. This article analyzes different adhesives for the process of gluing parts for sports shoes in a company located in the city of Purísima del Rincón in Guanajuato, México. The analysis employs statistical engineering tools and an Analytic Hierarchy Process (AHP) methodology. The case studied deals with an issue with gluing parts. The glue currently employed is of good quality but has drawbacks such as its high cost and thickness, which leads to a time-consuming manual application, affecting productivity. We propose and apply an AHP model with input information obtained by means of industrial experimentation in order to select the best alternative. Objective and subjective judgments relate to the quality score, production capacity, ease of application, and utility per pair. The chosen alternative represented the best option after factoring in all aspects of interest for the overall goal.

**KEYWORDS:** analytic hierarchy process / manufacturing processes / decision making / shoe industry / footwear / adhesives / productivity

---

\* Este estudio no fue financiado por ninguna entidad.

\*\* Autor corresponsal.

Correos electrónicos en orden de aparición: [armando.mc@purisima.tecnm.mx](mailto:armando.mc@purisima.tecnm.mx)

## PROCESO DE TOMA DE DECISIONES PARA EL PEGADO EN PIEZAS DE CALZADO POR MEDIO DE LA METODOLOGÍA ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) Y ESTADÍSTICA

RESUMEN. En los procesos de manufactura continuamente existen condiciones para la toma de decisiones entre un conjunto de alternativas, comúnmente, la selección estará influenciada por aspectos críticos como calidad, productividad, costos, voz del cliente, entre otros. Este artículo presenta un análisis de los pegamentos utilizados en el pegado de piezas para calzado deportivo en una empresa ubicada en la ciudad de Purísima del Rincón en Guanajuato, México. El análisis se realiza con herramientas de ingeniería estadística y metodología del proceso analítico jerárquico (AHP por sus siglas en inglés). El caso de análisis trata de un problema que se presenta en el proceso de pegado de piezas, ya que, si bien el pegamento que se utiliza actualmente es de buena calidad, tiene algunos inconvenientes en cuanto a su alto costo y dificultad de aplicación, ya que debido a que es espeso y la aplicación manual requiere mucho tiempo, lo que afecta la productividad. Proponemos y aplicamos un modelo AHP con información de entrada obtenida por experimentación industrial para seleccionar la mejor alternativa. Los juicios objetivos y subjetivos están relacionados con el puntaje de calidad, la capacidad de producción, la facilidad de aplicación y la utilidad por par. La alternativa seleccionada representó la mejor opción considerando todos los aspectos de interés en el objetivo general.

PALABRAS CLAVE: proceso analítico jerárquico / procesos de fabricación / toma de decisiones / industria del calzado / calzado / adhesivos / productividad

## 1. INTRODUCTION

In manufacturing processes, decision-making requirements involve analyzing many qualitative and quantitative variables. The process requires effective selection strategies, which include obtaining data and essential information in order to adequately gauge its importance. Hence, making the best decision yields the best results for the objective pursued.

Many manufacturing companies at present continue to operate without the need to incorporate state-of-the-art technology, mainly because they cannot afford to increase costs or because supply and demand do not justify it. Based on the above, we present the following research hypothesis: the application of a methodology based on statistical engineering techniques, in conjunction with the Analytic Hierarchy Process (AHP) methodology (Saaty, 1980), can lead to efficient choices in a traditional manufacturing process without the need to implement costly technologies, allowing for a selection that adequately addresses quality, productivity and cost requirements, incorporating objective quantitative and subjective qualitative factors into the development of the selection.

There are scant cases of quality improvement analysis in footwear manufacturing processes in the literature. This investigation reports on an original case of application in shoe manufacturing. The area of opportunity lies in choosing the best adhesive for gluing parts. The objective of the present work is to evaluate three adhesive alternatives for gluing parts. The areas of knowledge in which this proposal contributes and impacts are: industrial engineering, footwear manufacturing, continuous improvement, statistical methodologies and decision-making tools

Based on the above, we designed a two-stage strategy based on statistical engineering techniques: the first stage employed a combination of sampling, descriptive statistics, and inference to evaluate bonding quality. For the second stage a timing of process durations, analysis of variance and statistical control were employed in order to evaluate the average process time. The combined results of the previous phases produce the inputs for the hierarchical analysis process in order to select the alternative that best addresses the objective-subjective aspects that are important to the gluing quality. The results for each alternative show differences in the degree of difficulty of application and in the qualitative and quantitative aspects of the gluing.

Footwear manufacturing is a significant economic activity that represents 28,7 % of production in the fashion sector, where it is tied to other branches such as leather tanning and finishing, fur and shoe manufacturing as well as the production of materials such as leather, fur, and substitutes (INEGI, 2018). The production chain involves various suppliers of national inputs and imports, including the manufacture of paints, coatings, adhesives, or sealants. Generally, the National Consumer Price Index (INPC) increases at

a higher rate than footwear prices, but an upward trend in the product's manufacture has been observed in recent years (INEGI, 2013). The interaction between these factors, in addition to inflation, market competition and supply and demand highlight how important cost factors are in footwear manufacturing in order to remain competitive yet profitable.

Within the areas of knowledge related to the improvement of footwear, gluing and adhesives processes, Amaya and Moreno (2018) presented an investigation based on the reduction of glue mixing time in a tank, analyzing aspects related to high energy consuming factors and the behavior of adhesive components. Orgilés-Calpena et al. (2019) conducted a critical review of the glues used in the footwear industry, classifying the different adhesives used in each stage of product manufacturing. Markkanen (2009) published a book about operator risks and injuries due to adhesive use in the footwear industry, which is an essential factor in decision-making.

Elsewhere, an article published by Paiva et al. (2015) about adhesives used in the automotive industry offers a detailed analysis of the most commonly used materials in footwear manufacture along with their properties, surface treatments, mechanical properties as well as types of adhesives, machinery, and other related aspects. Pizzi and Mittal (2018) have authored a book on adhesives for the footwear industry. It details the adhesives' physical, chemical and mechanical properties by analyzing their components and gluing performance. Calderón-Andrade et al. (2020) applied discreet reengineering and simulation of events to improve productivity in a shoe manufacturing company.

Rodriguez Benitez (2016) has published an implementation of Lean techniques (Value Stream Mapping, 5S and Poka Yoke) to improve quality and production flow in a shoe company. Marcelo et al. (2016) published an application of automation, layout, and movement study strategies to improve the productivity of a shoe manufacturing process. Mendez et al. (2021) presented their concept design of a footwear manufacturing plant based on expert systems and discrete-event simulation. In applications of improved adhesive distribution methods, Pagano et al. (2020) proposed the use of a guided robotic vision system; Xie and Li (2016) presented a path-planning adhesive spray application by a robot, and Zeng and Li (2015) proposed a similar proposal on the optimal distribution of the adhesive with the registration of a point cloud.

The case analyzed here deals with a problem in the footwear gluing stage, before the stitching process: the glue currently employed is of good quality; however, it poses some issues at the time of application since its viscous consistency requires particular care and attention when it is applied manually, hence increasing process times and hindering productivity. Our approach is to look for competitive alternatives to the current glue based on cost, productivity, ease of application and utility criteria. The AHP methodology is a suitable option as it allows for the evaluation of objective quantitative and subjective qualitative criteria. For this reason, it is proposed as the basis for a methodology based

on employing statistical experimentation and a qualitative evaluation of the alternatives in order to determine the best option for the process.

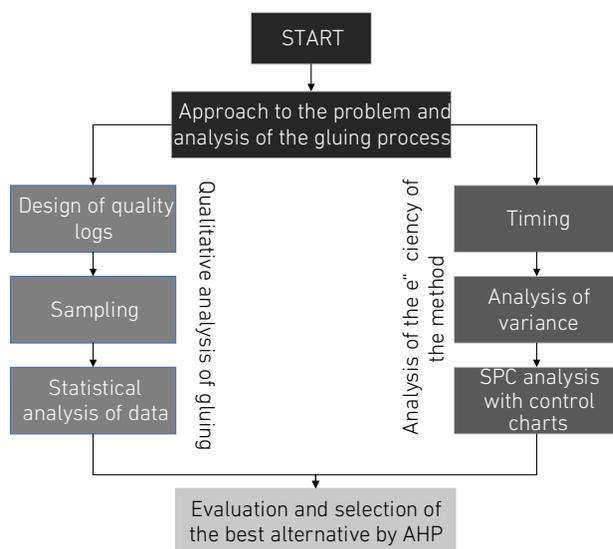
The objective of the methodology proposed in this article is to select the best option among a set of alternatives, in which it is necessary to carry out experimentation within the process and to conduct interviews with experts in order to obtain the data necessary to propose a hierarchical analysis. Statistical support provides reliability in the information obtained to adequately discriminate between options that are close in quality ratings. The application within a footwear process represents an additional contribution to the literature on improving manufacturing processes.

## 2. METHODOLOGY

The proposal employs statistical methods to evaluate qualitative and efficiency aspects through an experimental research design. The proposed methodology for the analysis is shown in Figure 1. It begins with selecting the gluing method that shows the best results in the descriptive research. The decision-making process is then completed with the AHP technique to integrate objective and subjective aspects in the selection process. For the selection, there are three options are currently available, each of which requires the use of specific inputs, while their efficiency is evaluated by timing the process duration.

**Figure 1**

*Research Methodology*



The inputs used for bonding tests were: A) Reactive adhesive (MXN 930.00 per

15-liter bucket); B) an economy adhesive (MXN 52.00 per liter) and thinner (MXN 20,00 per liter)

Bonding tests were performed with three different methods:

Reduced adhesive application (economic)

Reactive adhesive application (highest quality)

Adhesive Reactor + technique (stripe remover)

To qualitatively evaluate the gluing quality on the parts, we designed log formats to grade the quality according to the following criteria:

Number 3: Excellent quality.

Number 2: Regular quality.

Number 1: Poor quality (does not pass)

In the sampling logs, a qualitative evaluation is applied to 4 quality criteria: firm gluing, clean cut, ease of peeling and material smoothness. It is important to define the amount of evidence, as material waste produces parts that do not meet the expected quality. In order to define sample size, we performed a preliminary sampling of 10 pairs, resulting in a sample standard deviation of. The sample size was calculated according to equation 1.

$$n \geq \left( \frac{Z_{\alpha/2} \cdot \hat{S}}{E} \right)^2 \approx 48 \text{ samples} \quad (1)$$

Where:  $n$  = sample size,  $Z_{\alpha/2} = 1,96$  is the 0,95 quantile of the standard normal distribution given a confidence level of 95 %,  $E$  = permissible error = 0.05. The data obtained from the samples is shown in Tables 1-3. The total score represents the sum of the four qualitative factors of the gluing process.

**Table 1***Quality log for reduced adhesive (economy) testing.*

QUALITY LOG					24/01/2022
Lot 1: Reduced adhesive (economy)					
Start Time = 01:40 p. m.			End Time = 02:15 p. m.		
Pair sample number (n)	Firm gluing	Clean cut	Ease of peeling	Material smoothness	Total score
1	1	3	3	2	9
2	2	3	3	1	9
3	1	3	3	2	9
4	2	3	3	2	10
5	2	3	3	2	10
6	1	3	3	1	8
7	2	3	3	1	9
8	2	3	3	2	10
9	2	3	3	2	10
10	1	3	3	2	9
11	2	3	3	1	9
12	1	3	3	3	10
13	1	3	3	3	10
14	1	3	3	3	10
15	2	3	3	2	10
16	2	3	3	1	9
17	2	3	3	2	10
18	2	3	3	3	11
19	2	2	3	1	8
20	1	2	3	1	7
21	1	2	3	3	9
22	1	2	3	2	8
23	1	2	3	1	7
24	1	2	3	2	8
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>66</b>	<b>72</b>	<b>45</b>	<b>219</b>

QUALITY LOG					29/01/2022
Lot 1: Reduced adhesive (economy)					
Start time = 12:00 p. m.			End Time = 12:35 p. m.		
Pair Sample number (n)	Firm gluing	Clean cut	Ease of peeling	Material smoothness	Total score
1	2	3	3	2	10
2	2	3	3	2	10
3	2	3	3	2	10
4	2	3	3	1	9
5	1	3	3	1	8
6	2	3	3	1	9
7	1	2	3	1	7
8	2	2	3	2	9
9	1	2	3	2	8
10	1	3	3	2	9
11	1	3	3	2	9
12	1	3	3	2	9
13	1	3	3	2	9
14	1	3	3	3	10
15	2	3	3	3	11
16	1	3	3	3	10
17	2	3	3	3	11
18	2	3	3	2	10
19	2	2	3	1	8
20	2	2	3	2	9
21	1	2	3	1	7
22	2	2	3	2	9
23	1	2	3	1	7
24	2	2	3	2	9
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>63</b>	<b>72</b>	<b>45</b>	<b>217</b>

**Table 2***Quality log for Reactive Adhesive testing (Highest Quality).*

QUALITY LOG					29/01/2022
Lot 3: Reactive adhesive testing (highest quality)					
Start time = 02:05 p. m.			End time = 02:55 p. m.		
Pair sample number (n)	Firm gluing	Clean cut	Ease of peeling	Material smoothness	Total score
1	3	3	2	2	10
2	3	3	2	2	10
3	3	1	2	2	8
4	3	3	2	2	10
5	3	1	2	2	8
6	3	3	2	2	10
7	3	3	2	2	10
8	3	1	2	2	8
9	3	3	2	2	10
10	3	3	2	2	10
11	3	3	2	1	9
12	3	3	2	1	9
13	3	1	2	1	7
14	3	2	2	2	9
15	3	1	2	2	8
16	3	2	2	2	9
17	3	1	1	1	6
18	3	1	1	1	6
19	3	2	1	1	7
20	3	2	1	1	7
21	3	1	2	1	7
22	3	1	1	2	7
23	3	1	1	1	6
24	3	1	2	2	8
<b>Total</b>	<b>72</b>	<b>46</b>	<b>42</b>	<b>39</b>	<b>199</b>

QUALITY LOG					29/01/2022
Lot 4: Reactive adhesive testing (highest quality)					
Start time = 03:25 p. m.			End time = 04:16 p. m.		
Pair sample number (n)	Firm gluing	Clean cut	Ease of peeling	Material smoothness	Total score
1	3	3	2	2	10
2	3	2	1	2	8
3	3	1	1	3	8
4	3	2	1	2	8
5	3	1	2	2	8
6	3	2	2	2	9
7	3	2	2	3	10
8	3	1	2	2	8
9	3	2	2	3	10
10	3	1	2	2	8
11	3	2	2	1	8
12	3	1	1	1	6
13	3	1	1	1	6
14	3	2	2	2	9
15	3	1	1	3	8
16	3	2	2	2	9
17	3	1	1	3	8
18	3	1	2	1	7
19	3	2	1	1	7
20	3	2	1	3	9
21	3	1	2	1	7
22	3	1	1	2	7
23	3	1	1	1	6
24	3	2	2	3	10
<b>Total</b>	<b>72</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>48</b>	<b>194</b>

**Table 3***Quality log for Reactive Adhesive + technique (stripe remover)*

QUALITY LOG					02/02/2022
Lot 5: Reactive adhesive + technique (stripe remover)					
Start time = 03:36 p. m.			End time = 04:06 p. m.		
Pair sample number (n)	Firm gluing	Clean cut	Ease of peeling	Material smoothness	Total score
1	3	3	2	2	10
2	3	3	2	2	10
3	3	3	2	2	10
4	3	3	2	2	10
5	3	3	2	2	10
6	3	3	2	2	10
7	3	3	2	2	10
8	3	3	2	2	10
9	3	3	2	2	10
10	3	3	2	2	10
11	3	3	2	3	11
12	3	3	2	3	11
13	3	2	2	3	10
14	3	2	2	3	10
15	3	2	2	3	10
16	3	2	2	3	10
17	3	2	2	3	10
18	3	2	2	3	10
19	3	2	2	3	10
20	3	2	2	3	10
21	3	2	2	3	10
22	3	2	2	3	10
23	3	2	2	2	9
24	3	2	2	2	9
<b>Total</b>	<b>72</b>	<b>60</b>	<b>48</b>	<b>60</b>	<b>240</b>

QUALITY LOG					05/02/2022
Lot 6: Reactive adhesive + technique (stripe remover)					
Start time = 11:35 p. m.			End time = 12:08 p. m.		
Pair sample number (n)	Firm gluing	Clean cut	Ease of peeling	Material smoothness	Total score
1	3	3	2	2	10
2	3	2	2	3	10
3	3	3	2	3	11
4	3	2	2	3	10
5	3	2	2	3	10
6	3	3	2	2	10
7	3	3	2	2	10
8	3	3	2	2	10
9	3	3	2	2	10
10	3	3	2	2	10
11	3	3	2	3	11
12	3	3	2	3	11
13	3	3	2	3	11
14	3	2	2	3	10
15	3	2	2	2	9
16	3	2	2	2	9
17	3	3	2	3	11
18	3	2	2	2	9
19	3	2	2	3	10
20	3	2	2	2	9
21	3	2	2	3	10
22	3	2	2	2	9
23	3	3	2	2	10
24	3	3	2	3	11
Total	72	61	48	60	241

Once the evaluations were completed, the most representative descriptive statistics were calculated in terms of position and variation from the information collected from the sampling: averages, standard error of the mean, sample standard deviation and variance. The descriptive statistics analysis made it possible to identify significant differences between levels for each of the alternatives and estimate variations in the ratings given by the analyst.

In the following phase of the study we analyze significant level differences between the alternatives. We applied hypothesis tests for difference of means with unknown and different standard deviations. These inference tests used an inferential procedure based on the Student t distribution, applying a test statistic as shown in equation 2. A type 1 error of  $\alpha = 0,05$ , with an alternative hypothesis testing  $H_1: \mu_A \neq \mu_B$ .

Where  $\bar{x}_A - \bar{x}_B$  is a comparison between the sample averages for each pair of alternatives,  $n_A$  and  $n_B$  are the sample sizes and  $S_A$  and  $S_B$  are the standard deviations from samples. The criterion of rejection for  $H_0$  is applied if p-value  $<$ , meaning that there is a significant difference in the total score between gluing methods; this analysis completes the qualitative evaluation phase of the gluing.

Work times were measured parallel to the gluing tests to measure each method's efficiency. As stated in the problem of this study, each adhesive alternative requires varying degrees of effort and precision to glue the parts.

The importance of the time study lies in its relationship to productivity: the treatment with the lowest average time is the most efficient, as it increases productivity and has a positive effect on costs. The gluing process is timed for each pair using a digital chronometer, after which the data is entered in the designed format (Table 4). Once the samples for the qualitative gluing analysis and efficiency were completed, the analysis then employed statistical tools.

Comparing the time for each alternative is, in a way, an analysis of variance that focuses on the researcher's interest in comparing each treatment in terms of its population means, not to mention that comparing their variances also proves essential (Montgomery & Runger 2011), as shown in equation 3:

$$\begin{aligned} H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_k = 0 \\ H_1: \tau_i \neq 0 \text{ para algúni} \end{aligned} \quad (3)$$

**Table 4**

*Recorded gluing test times for each batch*

Day 24/01/22		Day 29/01/22		Day 29/01/22	
Lot 1: Reduced Adhesive (economy)		Lot 2: Reduced adhesive (economy)		Lot 3: Reactive adhesive testing (highest quality)	
Start time = 01:40 p. m.		Start time = 12:00 p. m.		Start time = 02:05 p. m.	
End time = 02:15 p. m.		End time = 12:35 p. m.		End time = 02:55 p. m.	
n	Time (min)	n	Time (min)	n	Time (min)
1	1,47	1	1,43	1	2,11
2	1,44	2	1,46	2	2,12
3	1,46	3	1,44	3	2,13
4	1,45	4	1,47	4	2,12
5	1,47	5	1,45	5	2,11
6	1,46	6	1,46	6	2,12
7	1,45	7	1,47	7	2,11
8	1,44	8	1,45	8	2,1
9	1,46	9	1,43	9	2,13
10	1,45	10	1,46	10	2,12
11	1,47	11	1,45	11	2,14
12	1,44	12	1,44	12	2,12
13	1,46	13	1,45	13	2,12
14	1,45	14	1,46	14	2,13
15	1,44	15	1,44	15	2,12
16	1,48	16	1,47	16	2,11
17	1,47	17	1,46	17	2,13
18	1,48	18	1,48	18	2,15
19	1,46	19	1,45	19	2,14
20	1,45	20	1,5	20	2,11
21	1,47	21	1,48	21	2,14
22	1,46	22	1,48	22	2,15
23	1,45	23	1,45	23	2,13
24	1,47	24	1,47	24	2,14
Total time	35	Total time	35	Total time	51

*(continúa)*

(continuación)

Day		29/01/22	Day		02/02/22	Day		05/02/22
Lot 4: Reactive adhesive testing (highest quality)			Lot 5: Reactive adhesive + technique (stripe remover)			Lot 6: Reactive adhesive + technique (stripe remover)		
Start time = 03:25 p. m.			Start time = 03:36 p. m.			Start time = 11:35 p. m.		
End time = 04:16 p. m.			End time = 04:06 p. m.			End time = 12:08 p. m.		
n	Time (min)		n	Time (min)		n	Time (min)	
1	2,12		1	1,25		1	1,25	
2	2,12		2	1,25		2	1,27	
3	2,12		3	1,24		3	1,26	
4	2,12		4	1,24		4	1,24	
5	2,12		5	1,25		5	1,24	
6	2,12		6	1,26		6	1,23	
7	2,12		7	1,25		7	1,26	
8	2,12		8	1,26		8	1,25	
9	2,12		9	1,24		9	1,23	
10	2,12		10	1,25		10	1,25	
11	2,12		11	1,25		11	1,26	
12	2,12		12	1,25		12	1,25	
13	2,12		13	1,26		13	1,25	
14	2,12		14	1,26		14	1,26	
15	2,12		15	1,26		15	1,24	
16	2,12		16	1,25		16	1,25	
17	2,12		17	1,25		17	1,26	
18	2,12		18	1,24		18	1,23	
19	2,12		19	1,27		19	1,24	
20	2,12		20	1,24		20	1,25	
21	2,12		21	1,25		21	1,24	
22	2,12		22	1,25		22	1,26	
23	2,12		23	1,24		23	1,26	
24	2,12		24	1,24		24	1,27	
Total time	50,88		Total time	30		Total time	30	

The linear model is defined by:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (4)$$

Where  $\bar{x}$  is the global mean of experimental data, the alternatives' treatments and. We also analyzed residual assumptions for normality, independence and constant variance. The criterion for verifying the difference between the alternatives is whether  $f_0 > f_{\alpha, a-1, a(n-1)}$  then  $H_0$  is rejected, which can also be verified with the p-value criterion.

The next phase of analysis involved applying control charts to individual units, which are used with sample sizes of 1 in slow processes for continuous type variables in order to verify the existence of special causes for variation within the process and determine which treatment has the best efficiency, that is, the shortest average time and the least variation. The formulas used for calculating the control limits in the individual charts are shown below:

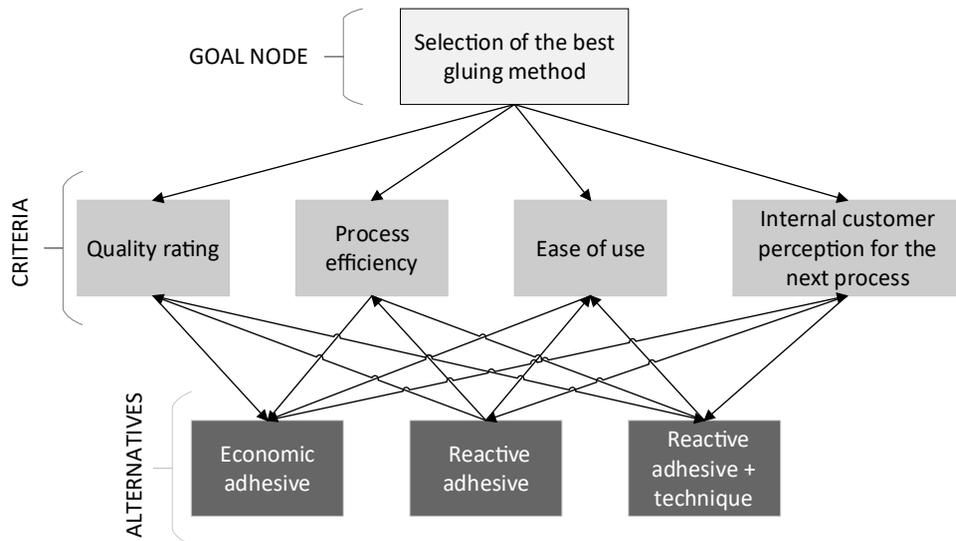
$$\begin{aligned} LCS &= \bar{x} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \\ LC &= \bar{x} \\ LIC &= \bar{x} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \end{aligned} \quad (5)$$

Where  $\bar{x}$  is the central line estimated by the average of time observations in treatment  $i$ ,  $\bar{R}$  is the average moving range of measurements and constant  $d_2$  takes its value from the sample size: 1,128. Control charts were analyzed according to Nelson's rules to verify the existence of special causes of variation. All statistical studies were conducted on the MINITAB 18 software.

A decision-making model must include and evaluate all tangible and intangible measurable qualitative and quantitative factors, all of which can be assessed with an Analytic Hierarchy Process (AHP). The goals, criteria and determining choices for the purpose of the decision are shown in Figure 2.

**Figure 2**

AHP Hierarchization of the studied problem



A criterion matrix was created for the target node using the following scale: 1- Equal, 3- Moderate, 5- Strong, 7- Very Strong, and 9- Extreme (Equation 6). This matrix compares the subjective importance of each criterion.

<i>Criteria</i>	(A)	(B)	(C)	(D)	
<i>QualityRating(A)</i>	1/1	1/1	3/1	1/3	
<i>ProcessEfficiency(B)</i>	1/1	1/1	4/1	1/2	(6)
<i>Easeofuse(C)</i>	1/3	1/4	1/1	1/4	
<i>Internalcustomerperceptionforthenextprocess(D)</i>	3/1	2/1	4/1	1/1	

Four criteria were chosen for the judgment analysis: A) quality score, which is the average score obtained in the sample logs using the four qualitative factors of the study as a direction vector. B) production capacity, which is obtained by dividing the available process time by each alternative's average time and is directly integrated into the study as a vector. C) ease of application, the operator's qualitative and subjective assessment after applying the three methods, which is integrated as pairwise comparison matrix making the comparison similar to the matrix.

For criterion D, the economic benefit from the adhesive application cost per pair are as follows: we know that the company sells each pair at MXN 168,00 of which the company makes a 15 % profit after expenses. Consequently, the benefit vector is estimated based

on adhesive cost per pair and is directly incorporated into the decision model. A summary of the vectors of goal criteria and the qualitative and subjective criteria matrix are shown in Table 5.

**Table 5**

*Objective vectors and comparison matrix for decision problem criteria.*

	Quality score vector		Production capacity vector	Pairwise Comparison Matrix – Ease of Application			Utility vector	
	Quality rating	Average time	Production capacity per day	Economy Adhesive	Reactive adhesive	Reactive adhesive + technique	Adhesive cost per pair \$	Utility per pair \$
Economy Adhesive	9,083	1,4583	309	1/1	1/2	4	26,26	21,26
Reactive adhesive	8,188	2,1204	212	2	1/1	3	24,42	21,39
Reactive adhesive + Technique	10,021	1,25	360	1/4	1/3	1/1	30,09	20,69

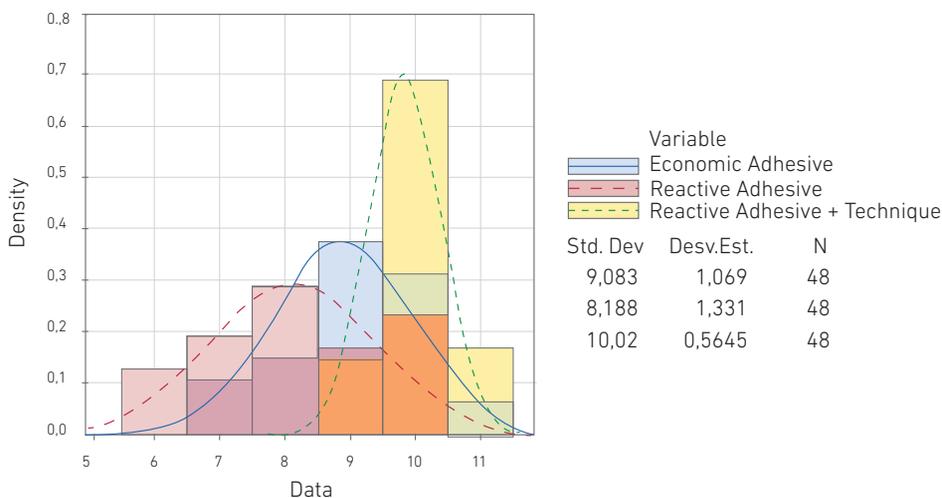
It is essential to perform a comprehensive statistical analysis of data adequacy, data, aspects such as the presence of variation, the original data normality for the descriptive statistics, residuals in the variance analysis model and the interpretation of p-value in the hypothesis tests. The control charts allow for analyzing the existence of special causes of variation using the Nelson criteria, allowing additional actions to stabilize and improve it.

### 3. RESULTS

A statistical analysis of the total score for each alternative showed an approximately normal behavior in their distributions, as the histograms in Figure 3 illustrate. The descriptive statistics in Table 6 show that the adhesive treatment + stripe remover has highest average with 10,02. It also displays the least variation with a standard deviation of 0,565, suggesting that this gluing method presents the least variation in qualitative factor ratings, for which initial preference is given Reactive + Technical glue for having the least variation in score averages across samples.

**Figure 3**

*Histograms of the total score for the three Alternatives*



**Table 6**

*Descriptive statistics for each alternative's total scores*

Quality	Total Count	Average	Standard error of the mean	Standard Deviation	Variance	Mode
Economic Adhesive	48	9,083	0,154	1,069	1,142	9,000
Reactive adhesive	48	8,188	0,192	1,331	1,773	8,000
Reactive adhesive + Technique	48	10,021	0,082	0,565	0,319	10,000

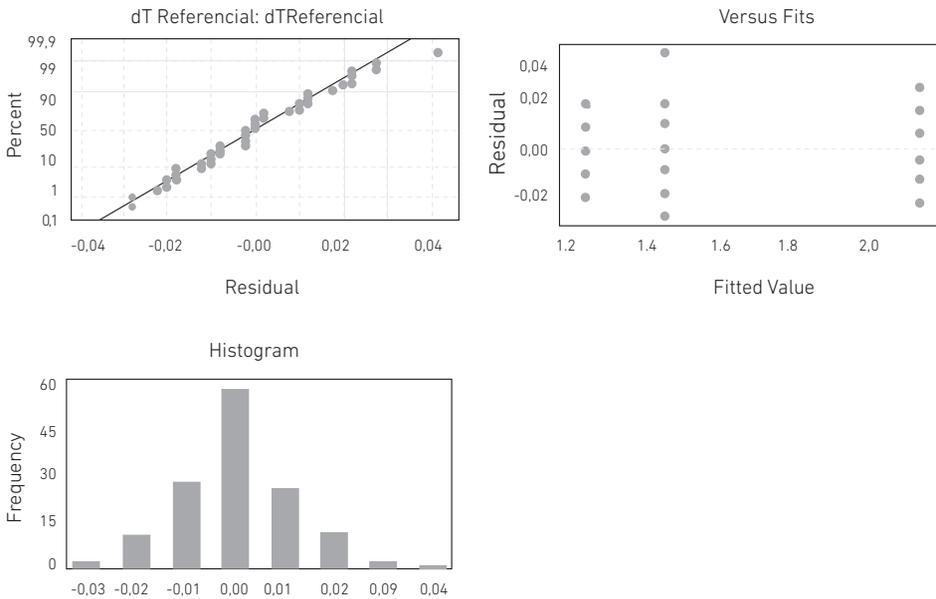
A hypothesis test for comparing means was applied in order to evaluate the average score of the Economy Adhesive against other alternatives. Comparing the means between the Economy Adhesive to the Reactive Adhesive yields a value for test statistic and for  $p\text{-value} < \alpha 0.05$ , which indicates a significant difference between their means, with Economy Adhesive having an advantage. Comparing the economy adhesive to the Reactive Adhesive Treatment + Technique yields a value for test statistic and  $p\text{-value} < 0,05$ , which indicates a significant difference between their means, where the Reactive adhesive + technique has the advantage in addition to also being the treatment with the highest mean in the qualitative scores, where it also differs greatly from the other two alternatives.

Figure 4 shows the analysis of variance in the processing times and the graphs for the regression model residuals. The study shows a value and  $p\text{-value} < 0,000$ , which

indicates a difference in treatment averages for at least one pair of alternatives compared in the analysis. The regression model shows a good fit of the linear model, with ; The model explains most of the variation with . The assumptions of independence, normality and constant variance for the residuals are properly met, which validates the results of the variance analysis.

**Figure 4**

*Analysis of variance in process times for each alternative*



The difference between the 3 treatments was also verified using the confidence intervals in the Tukey and Dunnet tests. This difference was additionally verified in the control charts study, shown in Figure 5. We observe no splices or overlaps in the control limits of the 6 standard deviations for each of the alternatives. The Reactive adhesive has a higher time average, while the Reactive adhesive + technique has a lower time average, again showing an advantage in this regard. Analysis of special causes for control charts showed non-compliance with Nelson rules 1, 2 and 6 in the alternatives. The process is consequently considered to be unstable and out of control.

**Figure 5**

*Control charts for individual units in alternatives*

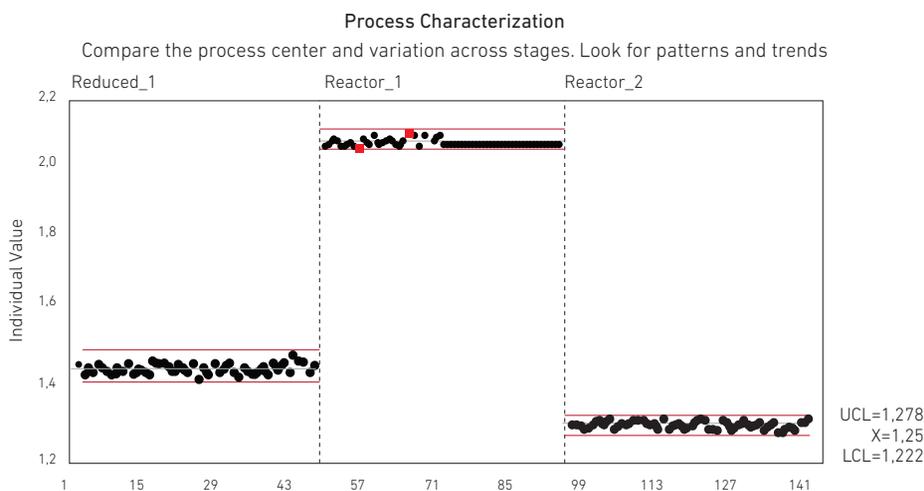


Table 7 shows the priority vectors obtained from the AHP for the criteria and alternatives. We can see that the gluing quality is most essential criterion, followed by utility per pair. The alternative node shows the Reactive Adhesive + Technique advantage in quality score and production capacity, two quantitative objective factors. The Reactive adhesive shows higher priority in terms of ease of application (qualitative subjective) and utility per pair (quantitative objective). The economy adhesive alternative is presented as the second-best option in all criteria.

**Table 7**

*Priority vectors for AHP analysis*

CRITERIA	PRIORITY
Quality Score	0,44435
Production capacity	0,0693
Ease of application	0,20671
Utility per pair	0,27963

*(continúa)*

(continuación)

ALTERNATIVES	Quality Score	Production capacity	Ease of Application	Utility per pair
Economy Adhesive	0,33281	0,35073	0,35856	0,33565
Reactive Adhesive	0,30001	0,24064	0,51713	0,33770
Reactive Adhesive + Technique	0,36718	0,40863	0,12431	0,32665

Table 8 shows the general priorities for each alternative, the decision being on the Reactive Adhesive + Technical Adhesive, which overall presents the highest expected value with 0,357432; secondly, the economy adhesive with a value of 0,343354 and lastly, the Reactive Adhesive with a value of 0,299214.

**Table 8**

*Priority vectors for AHP analysis*

Alternative	Ideal Value Vector	Standard Value Vector	Raw Value Vector
Economy adhesive	0,960614	0,343354	0,171677
Reactive adhesive	0,83712	0,299214	0,149607
Reactive adhesive + Technique	1	0,357432	0,178716

#### 4. DISCUSSION

The analysis of alternatives was subjected to different quality, productivity and appreciation criteria. The economy glue showed a good average performance in all analysis factors. The Reactive Adhesive + technique method performed well in the scoring studies and average times, presenting a significant difference from other two treatments in both factors. The introduction of the cost factor allowed the inclusion of this quantitative objective factor into the model, where the Reactive showed an advantage, which was also true when evaluating the subjective factors of the operators' ease of use.

The decision problem was determined by using the AHP methodology, in which all objective and subjective aspects can be incorporated in order to select the best option. Reactive adhesive + Technique was the best result among the 3 alternatives, as it has the best results in the following aspects:

- Vest quality in gluing.
- Lowest average processing time.
- Most negligible variation in the process.

- Most controlled and stable process.
- Acceptable ease of application.

The cost factor can also be paid, effectively offset insofar as the excellent quality of the shoe gluing will maintain the company's competitiveness level and ensure a continuity in orders.

## 5. CONCLUSIONS

Many manufacturing companies today continue to employ artisanal processes, surviving in the current competition thanks to the quality of their processes. The decision-making process is made easy where cutting-edge technologies and modern strategies such as automation and industry 4.0 are available. However, if such technologies are unavailable, selecting and identifying objective and subjective factors that may have importance in the decision-making process in improving a process or kaizen becomes increasingly complex.

Statistical engineering makes it possible to objectively evaluate qualitative and quantitative aspects of the criteria presented in the decision-making process. Incorporating the statistical results enables the production of evaluation methods that have a reasonable degree of precision and discrimination when detecting significant differences among the treatments of interest and make it possible to select those that are directly related to root causes that can improve product quality or solve process issues.

The use of statistical methodologies and the AHP enables a selection of the best adhesive and bonding method by means of a model that factors in qualitative and quantitative aspects based on other characteristics desired by customers such as cost, shipment times, product quality, the operators' perception of the ease of application, suppliers and available materials on the market.

This research creates an area of opportunity for its application in other types of processes, as well as the incorporation of more automated methods and technologies, such as laboratory instruments for regulatory testing, better methods for glue distribution on cuts and more. Similarly, it introduces opportunities for more complex analyses of hierarchical analysis such as diffuse AHP models, artificial intelligence techniques and optimization models.

## REFERENCES

- Amaya, W. E., & Moreno, E. N. (2018). Reducción de tiempo en el proceso de mezclado de pegamento para calzado en un tanque agitador. Revisión de la literatura científica [Reducing footwear adhesive mixing time in the mixing tank. A survey of the scientific literature]. Repositorio institucional de la Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24480>
- Calderón-Andrade, R., Hernández-Gress, E. S., & Montufar Benítez, M. A. (2020). Productivity Improvement through Reengineering and Simulation: A Case Study in a Footwear-Industry. *Applied Sciences*, 10(16), 5590. <https://doi.org/10.3390/APP10165590>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2013). Estadísticas a propósito de la industria del calzado [Statistics on the footwear industry]. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825095666>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2018). Estadísticas a propósito de la industria de la moda del vestido, el calzado y la joyería [Statistics on the clothing, footwear and jewelry fashion industry]. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825095666>
- Marcelo, M. T., Avila, G. V., Cruz, M. A., Prado, B. M., & Navarro, M. M. (2016). Process improvement and utilization of machines in the production area of a shoe manufacturing company. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2016, December, 701–705. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2016.7797966>
- Markkanen, P. (2009). Shoes, glues, and homework: dangerous work in the global footwear industry. Retrieved March 1, 2022, from <https://www.routledge.com/Shoes-Glues-and-Homework-Dangerous-Work-in-the-Global-Footwear-Industry/Markkanen-Levenstein-Forrant-Wooding/p/book/9780415784375>
- Méndez, J. B., Cremades, D., Nicolas, F., Perez-Vidal, C., & Segura-Heras, J. V. (2021). Conceptual and Preliminary Design of a Shoe Manufacturing Plant. *Applied Sciences*, 11(22), 11055. <https://doi.org/10.3390/APP112211055>
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2011). *Applied statistics and probability for engineers*. John Wiley & Sons.
- Orgilés- Calpena, E., Arán-Aís, F., Torró-Palau, A. M., & Sánchez, M. A. M. (2019). Adhesives in the footwear industry: A critical review. *Reviews of Adhesion and Adhesives*, 7(1), 69–91. <https://doi.org/10.7569/RAA.2019.097303>
- Pagano, S., Russo, R., & Savino, S. (2020). A vision-guided robotic system for flexible gluing process in the footwear industry. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 65, 101965. <https://doi.org/10.1016/J.RCIM.2020.101965>

- Paiva, R. M. M., Marques, E. A. S., da Silva, L. F. M., António, C. A. C., & Arán-Ais, F. (2015). Adhesives in the footwear industry. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications*, 230(2), 357-374. [Http://Dx.Doi.Org/10.1177/1464420715602441](http://Dx.Doi.Org/10.1177/1464420715602441)
- Pizzi, A., & Mittal, K. L. (2018). *Handbook of adhesive technology*. Taylor & Francis. <https://www.routledge.com/Handbook-of-Adhesive-Technology/Pizzi-Mittal/p/book/9780367572396>
- Rodríguez Benites, J. M. (2016). Implementación de Lean Manufacturing para mejorar la calidad del producto en la empresa productora de "Calzado Lupita" S.A. [Implementing Lean Manufacturing to improve the product quality of manufacturer Calzado Lupita S.A.] *Innovación en Ingeniería*, 2(1), 1-10. <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/innovacion/article/view/1725>
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill Book Company.
- Xie, Y., & Li, J. (2016). Path planning based on robot posture control in spraying. *Chinese Control Conference, CCC*, 2016, August, 6098-6102. <https://doi.org/10.1109/CHICC.2016.7554314>
- Zeng, H., & Li, J. (2015). Point cloud registration in shoe glue spraying line. *Chinese Control Conference, CCC*, 2015, September, 5691-5695. <https://doi.org/10.1109/CHICC.2015.7260528>



**INGENIERÍA  
DE NEGOCIOS**  

---

**BUSINESS ENGINEERING**



# CAMBIOS EN LOS HÁBITOS FINANCIEROS OCASIONADOS POR LAS *FINTECH* EN EL PERÚ\*

Cristian Alexander Mejía Díaz

<https://orcid.org/0000-0003-4268-9224>

Universidad de Lima, Facultad de Ingeniería, Lima, Perú

Mauricio José Rojas Uribe\*\*

<https://orcid.org/0000-0003-2982-8664>

Universidad de Lima, Facultad de Ingeniería, Lima, Perú

Rafael Mauricio Villanueva Flores

<https://orcid.org/0000-0003-1056-251X>

Universidad de Lima, Facultad de Ingeniería, Lima, Perú

Recibido: 10 de enero del 2023 / Aceptado: 10 de febrero del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n44.6180>

**RESUMEN.** El estudio tuvo como objetivo identificar los cambios en los hábitos financieros de la población peruana, a raíz del crecimiento y uso de las tecnologías financieras. Se llevó a cabo bajo el contexto de una creciente transformación digital, donde los hábitos pueden verse influenciados por estas tecnologías. En consecuencia, el usuario tiende a emplear métodos digitales que pueden otorgar beneficios como el ahorro de tiempo, satisfacción y seguridad. Se definieron verticales financieras de pago móvil e intercambio de divisas para el alcance del proyecto. Se realizó una encuesta a una muestra de 384 usuarios obtenidos de una base de datos de un banco reconocido. Se buscó obtener la percepción del usuario con respecto a los beneficios mencionados y demostrar los nuevos hábitos al realizar operaciones financieras. El uso de las *fintech* ha tenido un impacto evidente en la manera de realizar operaciones financieras y ha generado nuevos hábitos digitales.

**PALABRAS CLAVE:** *fintech* / educación financiera / transformación digital / Perú

---

\*\* Este estudio no fue financiado por ninguna entidad.

\*\* Autor corresponsal.

Correos electrónicos en orden de aparición: [172348@aloe.ulima.edu.pe](mailto:172348@aloe.ulima.edu.pe); [20172582@aloe.ulima.edu.pe](mailto:20172582@aloe.ulima.edu.pe); [rvillan@ulima.edu.pe](mailto:rvillan@ulima.edu.pe)

## CHANGES IN FINANCIAL HABITS CAUSED BY FINTECH IN PERU

**ABSTRACT.** The goal of this study is to identify changes in the financial habits of the Peruvian population as a result of the growth and use of financial technologies. The study was conducted in a context where habits can be influenced by these technologies, consequently leading users to employ digital methods that can offer benefits such as time saving, satisfaction and security. Mobile payment and currency exchange financial verticals were defined for the scope of this project. A survey was conducted on a sample of 384 users obtained from the database of a prominent bank in the country. It aims to obtain the users' perception of the benefits and illustrate their new habits regarding financial operations. The use of fintech has had a clear impact on the way financial operations are done, generating new, more digital habits.

**KEYWORDS:** Fintech / financial education / digital transformation / Peru

## 1. INTRODUCCIÓN

La innovación y los avances en las tecnologías de la información y la comunicación han afectado todas las facetas de la vida humana y han ocasionado cambios incrementales en la economía. Estos avances han causado cambios disruptivos dentro del sector financiero. El desarrollo de la tecnología financiera (*fintech*) es una herramienta de innovación que ayuda a la gente a realizar transacciones con mayor facilidad y rapidez. *Fintech* retrata un mayor alcance de usuarios ofreciendo servicios financieros de diversas variedades y tipos, ganando nuevos consumidores rápidamente en todo el mundo. La conveniencia de usar *fintech* y sus beneficios financieros está alentando a las personas a adoptarla en su rutina diaria, a pesar de las preocupaciones sobre los riesgos de seguridad que incorpora la tecnología (Setiawan et al., 2021, p. 2).

Según Broby (2021), los avances en la tecnología digital están cambiando la naturaleza misma de la banca. Es decir, los servicios que brindan hoy en día no son iguales a los servicios que brindaban hace cinco años. Los bancos ahora están distribuyendo sus servicios a través de tecnología móvil y medios digitales, lo cual genera una gran expectativa en el sector. Internet está revolucionando la naturaleza de la banca, y es por ello que los bancos deben adaptarse e ir a la par con los comportamientos y hábitos de sus clientes (p. 2). Estas tecnologías financieras lideran esta disrupción e introducción de nuevos conceptos en los servicios financieros y se identifican como una transformación digital recién nacida en la industria (Abu et al., 2020, p. 20).

La Junta de Estabilidad Financiera del Banco de Pagos Internacionales (BPI) define *fintech* como: "Innovación financiera habilitada tecnológicamente que podría resultar en nuevos modelos de negocios, aplicaciones, procesos o productos con un efecto material asociado en los mercados e instituciones financieras y la provisión de servicios financieros" (European Banking Authority, 2017). El comportamiento del consumidor podría adaptarse a la transformación digital e influir en sus hábitos al momento de realizar actividades diarias.

Con el aumento en el uso de diversos dispositivos móviles, los pagos y operaciones móviles se han convertido en un factor crucial para el éxito del comercio electrónico alrededor del mundo. Los resultados indican que las compras en línea de los consumidores, el uso de servicios móviles y la utilización del teléfono celular tienen una relación positiva con sus hábitos de uso de transacciones digitales (Jia, Song & Hall, 2020, p. 2). Esto afecta positivamente la intención de promover el uso de herramientas tecnológicas financieras para desarrollar actividades en torno a las siguientes verticales: pago y billeteras móviles, casas de cambio, *crowdfunding*, gestión de finanzas personales o empresariales, cripto, préstamos, puntaje crediticio, *insurtech* y *techfin* (Abu et al., 2020, p. 20; Ernst & Young [EY Law], 2022, p. 36).

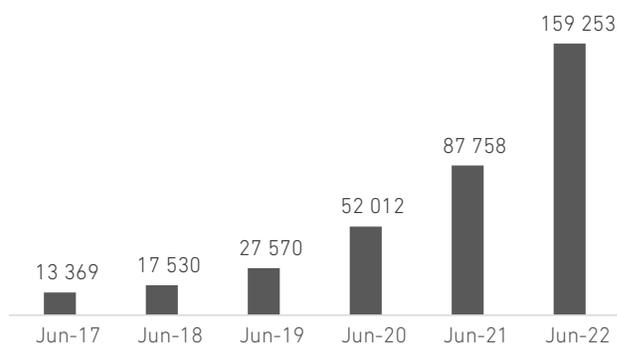
En consecuencia, se puede definir los hábitos financieros como actividades cotidianas relacionadas a la utilización y gestión de las finanzas personales, según las posibilidades y necesidades de cada persona. Existen diversas herramientas digitales en los nuevos modelos de operaciones que influyen en el desarrollo de estos hábitos. El análisis de estas plataformas digitales pretende absolver la siguiente pregunta de investigación: "¿Cómo las *fintech* han cambiado los hábitos financieros de las personas en el Perú?". Para cubrir esta brecha de conocimiento, la investigación tendrá como objetivo general identificar los cambios en los hábitos financieros ocasionados por el uso de las tecnologías financieras en los últimos cinco años en el Perú. Bajo las directrices del objetivo general, se definieron tres objetivos específicos: determinar los beneficios del uso de las *fintech* mediante la obtención del ahorro de tiempo, determinar los beneficios del uso de las *fintech* mediante la percepción de seguridad y satisfacción del cliente, e identificar los cambios de hábitos financieros en base a las verticales financieras de pago móvil e intercambio de divisas.

Centrando la investigación en el Perú, algunos datos que resaltaron para el segundo trimestre del 2021 fueron que el 73,8 % de la población total tiene acceso a internet, solo considerados los de 6 años a más. Asimismo, se contempló la mayoría de edad para el uso de servicios financieros: el 91,5 % y el 83 % de la población de 19 a 24 años y de 25 a 40 años, respectivamente, accede a internet. Además, relacionado a la frecuencia de uso, es importante recalcar que los usuarios de las *fintech* requieren de una conectividad diaria para que sus hábitos puedan ser influenciados. Por ello, un indicador importante a considerar es que el 91,3 % de la población hace uso diario de internet. Otro factor a considerar es la disponibilidad y facilidad de un celular para utilizar los servicios presentados: el 87 % de la población que usa internet lo hace a través de un celular (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2021).

Según la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP (2022), el uso de la infraestructura de tecnología financiera en el país presenta indicadores relevantes para comprender la situación financiera actual. De acuerdo con este reporte, el número de operaciones realizadas en la banca virtual ha tenido un gran crecimiento entre junio del 2021 y junio del 2022: representó un aumento mayor al 81 %. Estas operaciones implican pagos por internet, *software* corporativo, *software* cliente, banca por teléfono y banca móvil. Otro indicador por mencionar es el número de cuentas de dinero electrónico: el último periodo, comprendido entre junio del 2021 y junio del 2022, evidencia un incremento notable mayor a 53 % y denota una gran aceptación del uso de tecnologías financieras.

**Figura 1**

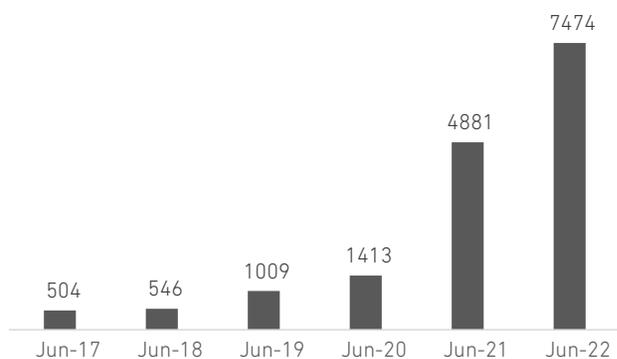
Número de operaciones en banca virtual (en miles)



*Nota.* Adaptado de "Reporte de indicadores de inclusión financiera de los sistemas financiero, de seguro y de pensiones", por Superintendencia de Banca, Seguros y AFP, 2022, p. 19. (<https://intranet2.sbs.gob.pe/estadistica/financiera/2022/Junio/CIIF-0001-jn2022.PDF>)

**Figura 2**

Número de cuentas de dinero electrónico (en miles)



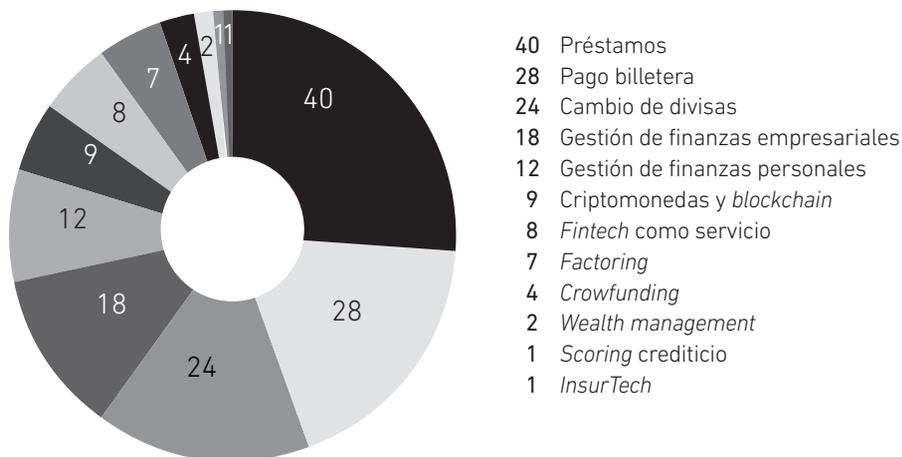
*Nota.* Adaptado de "Reporte de indicadores de inclusión financiera de los sistemas financiero, de seguro y de pensiones", por Superintendencia de Banca, Seguro y AFP, 2022, p. 20. (<https://intranet2.sbs.gob.pe/estadistica/financiera/2022/Junio/CIIF-0001-jn2022.PDF>)

En noviembre del 2022, existían 154 empresas *fintech* de distintos tipos en el Perú. Los tipos hacen referencia a las verticales financieras divididas en relación con el ámbito y sector que ocupa cada *fintech*. Las principales verticales financieras con mayor cantidad son las de préstamos (40), pago y billeteras (28), casas de cambio (24), de gestión de finanzas empresariales (18) y personales (12). En comparación con el 2021, existe una disminución en el crecimiento del ecosistema de 10 % de empresas *fintech*

este año. No obstante, en los últimos ocho años, el crecimiento anual promedio de sector *fintech* ha sido del 16 % (Ernst & Young [EY Law], 2022, p. 50).

**Figura 3**

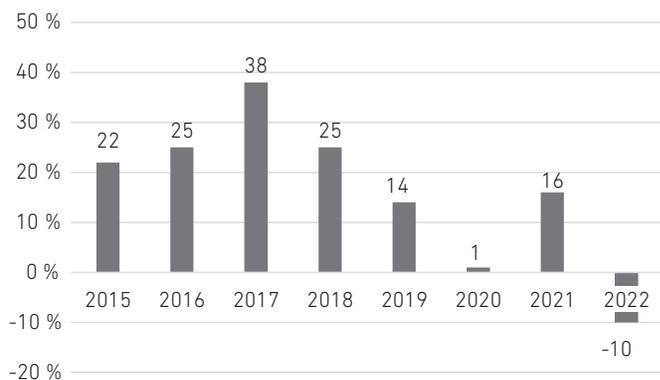
Número de empresas *fintech* por vertical financiera



Nota. Adaptado de "Guía de negocios *fintech* Perú 2022/2023", por EY Law, 2022, p. 49. ([https://www.ey.com/es\\_pe/law/guia-fintech](https://www.ey.com/es_pe/law/guia-fintech))

**Figura 4**

Crecimiento de número de emprendimientos *fintech*



Nota. Adaptado de "Guía de negocios *fintech* Perú 2022/2023", por EY Law, 2022, p. 50. ([https://www.ey.com/es\\_pe/law/guia-fintech](https://www.ey.com/es_pe/law/guia-fintech))

Según la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP (2022), entre finales del 2021 y el primer semestre del 2022, el sistema financiero dio un mayor impulso a las soluciones digitales, a través de la apertura de cuentas bancarias de forma digital y remota, la transferencia de dinero y la realización de pagos electrónicos mediante el uso de un teléfono celular. En consecuencia, se evidencian incrementos significativos en la cantidad de usuarios para el uso de las *fintech* relacionadas a la categoría de pago o billeteras digitales.

**Figura 5**

*Expansión de los aplicativos de pago y billeteras digitales*



*Nota.* Adaptado de "Guía de negocios *fintech* Perú 2022/2023", por EY Law, 2022, p. 98. ([https://www.ey.com/es\\_pe/law/guia-fintech](https://www.ey.com/es_pe/law/guia-fintech))

Según los datos obtenidos mediante los indicadores descritos anteriormente, existe evidencia suficiente para iniciar una investigación que demuestre e identifique los cambios en los hábitos financieros ocasionados por el uso de las *fintech* en el Perú. Ante el avance tecnológico tan desmedido y el evidente crecimiento de las *fintech*, existen suficientes fuentes que muestran el impacto de las tecnologías en la actualidad. Lo que

se plantea indagar es, ante este crecimiento, cuál es el cambio generado en los hábitos financieros de los clientes dentro de su vida cotidiana.

Se han realizado pocas investigaciones al respecto, debido a que el crecimiento de las *fintech* se ha dado recientemente en el Perú. Asimismo, no se detallan estudios acerca de los hábitos de estos consumidores. Sin embargo, algunos estudios realizados en otros países están relacionados al crecimiento de la tecnología financiera y pueden brindar las bases para realizar un estudio en otro contexto internacional. Sandhu y Arora (2020) informan acerca del uso que hacen los clientes de los servicios de banca electrónica en un contexto multicanal. Ellos realizaron un estudio descriptivo transversal, mediante una encuesta, que contempla diferentes variables de experiencia en *fintech*, a una muestra de 600 clientes que hayan usado un servicio de banco digital y tradicional en las cuatro principales ciudades de la India. Los resultados revelaron que, aunque en términos de número de transacciones mensuales el medio electrónico tiene ventaja sobre el medio manual, estos no son independientes entre sí. Los clientes utilizan los formatos electrónicos con más frecuencia, pero en combinación con otros canales.

Estas opciones multicanales ofrecidas por cualquier banco del mundo pueden influir en los hábitos financieros del cliente. A raíz de ello, nace el objetivo del estudio concentrado en el Perú. En un contexto semejante, Vélez (2017) detalla en su investigación la identificación y estudio de las oportunidades y barreras para la adopción del pago móvil en la generación Y en los estratos altos de Bogotá. Es un estudio exploratorio que se desarrolló mediante entrevistas al público objetivo y dio como principal hallazgo que los participantes estarían dispuestos al uso de esta nueva forma de pago. Sin embargo, la barrera encontrada fue la seguridad percibida. Esta investigación da apertura para indagar cómo esta disposición y, posteriormente, uso en una realidad semejante ha influenciado en los hábitos financieros.

Al abordar este vacío de conocimiento, se plantea realizar futuras investigaciones para que analicen el comportamiento del consumidor, a propósito del crecimiento de la tecnología financiera por medio de otras verticales financieras o beneficios percibidos. Asimismo, en el ámbito social, se busca generar conocimiento a las empresas acerca de las influencias de las *fintech* en los comportamientos de las personas y conseguir un beneficio explotando este recurso en crecimiento.

## 2. METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación muestra un alcance descriptivo, pues tiene como propósito detallar, señalar y especificar las características acerca de los cambios en los hábitos financieros ocasionados por las *fintech* en el Perú. Asimismo, se desarrollarán distintas dimensiones en base a las variables establecidas: hábitos financieros y beneficios del uso de las *fintech*, identificando la población de estudio y los indicadores a medir:

percepción de tiempo empleado, índice de satisfacción, percepción de seguridad y NPS. El diseño metodológico empleado es de tipo no experimental transversal, ya que se realizará la recolección y análisis de los datos en base a las variables designadas durante un momento específico dado. Por ello, se definió la variable independiente “hábitos financieros”, con cuatro dimensiones, conocidas como verticales financieras, relacionadas a los distintos hábitos financieros de las personas. Además, se definió la variable dependiente: beneficios del uso de las *fintech*, con tres dimensiones que permitan demostrar los beneficios implicados al usar estas herramientas.

Al realizar el análisis de estas fuentes mediante una matriz comparativa, se utilizó una encuesta en línea mediante la herramienta Google Forms, dirigida a la muestra de usuarios *fintech* de dos verticales financieras, catalogadas como dimensiones, de la variable independiente: *fintech* de pago móvil, que se define como plataformas que facilitan el envío y recepción de dinero para realizar pagos o transferencias entre cuentas; y *fintech* de intercambio de divisas, que ofrece servicios relacionados al intercambio de divisas de manera digital (Ernst & Young [EY Law], 2022, p. 36). Se tomaron en cuenta estas dos verticales, ya que se cuenta con una base de datos de una entidad financiera oficial cuyos clientes utilizan ambos tipos de servicios financieros digitales.

La población objetivo consta de personas mayores de 18 años que hayan realizado operaciones financieras de manera tradicional y digital a través de las *fintech*. Para definir a estas personas y tener la mayor coincidencia posible, el universo a contemplar fue acotado a una base de datos de 400 000 usuarios que comparten estas características, obtenida de uno de los principales bancos del país. Luego se definió una muestra de 384 personas, con un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 5 %, las cuales fueron elegidas mediante un muestreo aleatorio simple. Posteriormente, se empleó una encuesta que busca comprender los cambios de los hábitos financieros al momento de realizar operaciones mediante beneficios medibles como la comodidad y el ahorro del tiempo. Por ello se envió el cuestionario a los 384 seleccionados, vía correo electrónico. Asimismo, con un factor de seguridad del 5 % del tamaño de la muestra para tener la certeza de llegar a la cantidad de encuestados necesarios. En total, se enviaron 404 correos con el cuestionario.

Anteriormente, el cuestionario fue sometido a evaluación mediante una prueba piloto para probar la validez y confiabilidad del instrumento mediante el uso del programa de análisis estadístico Jamovi. El análisis de confiabilidad se realizó mediante el cálculo del coeficiente alfa de Cronbach, donde se considera que valores de alfa entre 0,7 y 0,9 garantizan una alta fiabilidad de la escala evaluada (González & Pazmiño, 2015, p. 65). Se evaluaron las preguntas planteadas en el cuestionario y se obtuvo un valor de alfa de Cronbach igual a 0,849, lo que demuestra un alto grado de confiabilidad para la encuesta elaborada. Para probar la validez, se realizó el análisis de componentes principales, el cual permite indicar el grado de exactitud con el que mide el constructo teórico en base al

valor de la varianza. Al evaluar las interrogantes planteadas, se obtuvo una varianza total del 88,3 % Este valor representa un alto grado de validez para el instrumento evaluado (Prieto & Delgado, 2010, p. 71).

**Tabla 2.1**

*Análisis de fiabilidad – Jamovi*

	Media	Desviación estándar	Coefficiente de Cronbach
Escala	5,2	0,618	0,849

**Tabla 2.2**

*Prueba de validez – Jamovi*

Componente	SC Cargas	Porcentaje de la Varianza	Porcentaje acumulado
1	2,99	59,9	59,9
2	1,42	28,5	88,3

El estudio, dirigido a las dimensiones de pago móvil e intercambio de divisas, abarca los hábitos financieros, que se midieron mediante la frecuencia de uso. Según los cambios que se quieren determinar mediante los beneficios de uso, se incluyen tres dimensiones: ahorro de tiempo, comodidad y seguridad, medidos con la percepción de tiempo empleado, índice de satisfacción y percepción de seguridad. Los ítems se midieron en una escala de Likert, que se rige según la pregunta en cuestión.

Para el estudio, se investigaron solamente las dimensiones de pago móvil e intercambio de divisas y se dejaron de lado las dimensiones restantes para dar pie a investigaciones futuras. A continuación, se presentan las variables, dimensiones e indicadores de la investigación.

**Tabla 2.3***Variables, dimensiones e indicadores*

Variables	Dimensiones	Indicadores
Independiente: Hábitos financieros	De pago móvil	Frecuencia
		Porcentaje de utilización
	Intercambio de divisas	Frecuencia
		Porcentaje de utilización
	Gestión de finanzas personales	Frecuencia
		Porcentaje de utilización
Dependiente: Beneficios del uso de la <i>fintech</i>	Préstamos y créditos	Frecuencia
		Porcentaje de utilización
	Ahorro de tiempo	Percepción de tiempo empleado
		Índice de satisfacción
	Comodidad	NPS
		Percepción de seguridad
Seguridad		

**Tabla 2.4***Interrogantes con escala de Likert*

Ítem	Escala 1	Escala 2	Escala 3	Escala 4	Escala 5
1. ¿Cuánto consideras que tus hábitos financieros se han digitalizado en los últimos años?	Nada digitalizados	Poco digitalizados	Digitalizados	Muy digitalizados	Totalmente digitalizados
2. ¿Cuánto tiempo consideras que ahorras al utilizar una <i>fintech</i> ?	No ahorro tiempo	Ahorro muy poco tiempo	Ahorro poco tiempo	Ahorro algo de tiempo	Ahorro mucho tiempo
3. ¿Cómo calificarías tu experiencia general utilizando <i>fintech</i> peruanas?	Totalmente insatisfactoria	Poco satisfactoria	Satisfactoria	Muy satisfactoria	Totalmente satisfactoria
4. ¿Qué tan seguro te sientes utilizando una <i>fintech</i> de pago móvil?	Muy inseguro	Inseguro	Poco seguro	Seguro	Muy seguro

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Características de los encuestados

La mayoría de los encuestados tienen entre 18 y 35 años (61,5 %). Esta característica sigue la tendencia del Perú, donde el 93,6 % de la población de 19 a 24 años y el 85,8 % de la población de 25 a 40 años accedió a internet en el 2021 (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2021). Asimismo, una gran parte de la encuesta fue respondida por personas mayores de 50 años (22,4 %), lo cual demostraría que esta población también ha utilizado o utiliza los servicios digitales.

**Tabla 3.1**

*Características de los encuestados*

Ítem	Criterios	Frecuencia	Porcentaje
Edad	18-25	135	35,2 %
	26-35	101	26,3 %
	36-50	62	16,1 %
	>50	86	22,4 %

Con respecto al método de pago de preferencia, la mayoría de encuestados prefiere el método de pago móvil (89,6 %) a los métodos tradicionales como el pago en efectivo y con tarjeta de débito o crédito. Esta preferencia puede verse afectada por distintas variables en la vida cotidiana; no todas las empresas tienen la capacidad de gestión para permitir pagos móviles; por ello, el método de pago móvil como preferencia en actividades cotidianas se redujo (51,8 %), y aumentó el pago con tarjeta de débito o crédito (32,6 %) y efectivo (15,6 %). En cuanto a la frecuencia, más de la mitad de los usuarios utilizan las *fintech* de pago móvil siempre o casi siempre (57,3 %) demostrando un hábito de consumo diario.

**Tabla 3.2**

*Ítems con relación a fintech de pago*

Ítem	Criterios	Frecuencia	Porcentaje
Preferencia de pago general	Método de pago tradicional	40	10,4
	Método de pago móvil	344	89,6
Preferencia de pago en situación cotidiana	Efectivo	60	15,6
	Tarjeta de débito o crédito	125	32,6
	<i>Fintech</i> de pago móvil	199	51,8

(continúa)

*(continuación)*

Ítem	Criterios	Frecuencia	Porcentaje
Frecuencia de uso de una <i>fintech</i> de pago	Nunca	21	5,5
	Casi nunca	39	10,2
	A veces	104	27,1
	Casi siempre	142	37,0
	Siempre	78	20,3

Por otro lado, se coloca al encuestado en el contexto de una operación financiera de cambio de divisas donde se evidencia una preferencia por utilizar una *fintech* de cambio de divisas (37 %) comparando independientemente cada opción. Analizando el universo, aún se observa que los usuarios siguen utilizando métodos tradicionales (63 %) como ir a un módulo del banco a una casa de cambio o recurrir a un cambista. Dado que esta operación no es tan recurrente, los usuarios utilizan con menor frecuencia una *fintech* o incluso aún no han probado el servicio que ofrecen. Un tercio de los encuestados (33,1 %) utiliza a veces una *fintech* para cambiar divisas, y un 22,9 % nunca ha utilizado una.

**Tabla 3.3***Ítems con relación a *fintech* de cambios de divisas*

Ítem	Criterios	Frecuencia	Porcentaje
Preferencia para cambio de divisas	Ir a un módulo del banco	49	12,8
	Ir a una casa de cambio física	129	33,6
	Recurrir a un cambista de la calle	64	16,7
	Utilizar una <i>fintech</i> de cambio de divisas	142	37,0
Frecuencia de uso de una <i>fintech</i> de cambio de divisas	Nunca	88	22,9
	Casi nunca	83	21,6
	A veces	127	33,1
	Casi siempre	65	16,9
	Siempre	21	5,5

Posteriormente, en torno a la percepción del servicio, la mayoría de los encuestados consideran que el ahorro de tiempo es el principal beneficio que ofrecen las *fintech* en el Perú (49,5 %). Otros beneficios son percibidos con menor frecuencia, como la accesibilidad (20,8 %), la variedad de servicios (16,7 %) y, por último, la seguridad (13,0 %).

**Tabla 3.4**

*Percepción de principal beneficio*

Ítem	Criterios	Frecuencia	Porcentaje
Principal beneficio de las <i>fintech</i>	Ahorro de tiempo	190	49,5
	Mayor accesibilidad	80	20,8
	Variedad de servicios	64	16,7
	Seguridad	50	13,0

La percepción del ahorro de tiempo empleado es el principal beneficio percibido por el público objetivo (49,5 %), demostrando el logro del primer objetivo específico definido. Al realizar la medición con la escala de Likert, el 90,4 % de encuestados afirma ahorrar tiempo significativo al hacer uso de una *fintech* para sus operaciones. El uso de las nuevas tecnologías financieras permite realizar pagos, transferencias, intercambios de divisa u otras operaciones en cuestión de minutos, desde un dispositivo móvil conectado a internet. Esto permite evitar largas colas y tiempos de espera empleando un método tradicional como sería acudir a un módulo físico. Al disponer de un uso inmediato y de fácil comprensión, el ahorro de tiempo es considerado como el principal beneficio percibido por el público objetivo al utilizar las *fintech*.

Como consecuencia del uso de las nuevas tecnologías financieras, se busca identificar en qué magnitud han cambiado los hábitos financieros de las personas a raíz de la digitalización. Para este indicador, el 98,7 % de encuestados considera que sus hábitos financieros sí se han digitalizado con el uso de las *fintech*. La mayor proporción dentro de este total proviene de las escalas 4 y 5, representando un acumulado del 84,9 % de personas que consideran haber transformado fuertemente sus hábitos financieros por un método digitalizado gracias al uso de las *fintech*. Este resultado muestra evidencia muy sólida para poder validar la hipótesis general de la investigación.

Para la segunda interrogante, los resultados muestran que un 90,4 % de los encuestados sí consideran ahorrar tiempo al utilizar una *fintech*. Esta proporción se obtiene del acumulado entre las respuestas de la escala 4 (37 %) y la escala 5 (53,4 %). Es decir, 347 encuestados tienen una alta percepción de ahorro de tiempo al utilizar una herramienta *fintech*. Al obtener un valor altamente representativo, este indicador

demuestra que el ahorro de tiempo representa uno de los principales beneficios del uso de las *fintech*.

Por otro lado, la tercera pregunta hace alusión a la comodidad y satisfacción percibida en base a la experiencia del usuario al utilizar una *fintech*. Se obtuvo un índice de satisfacción del 75,8 %, que representa a 291 usuarios con respecto al total de encuestados. Este indicador se obtuvo tomando en cuenta las escalas de respuesta 4 y 5, ya que representan a aquellos usuarios que han tenido experiencias altamente satisfactorias al hacer uso de una *fintech* y, de esta forma, medir con una mayor precisión la validez de este indicador. La cantidad de usuarios insatisfechos es muy reducida: únicamente 17 encuestados (4,5 %) afirman no haberse sentido satisfechos al utilizar algún tipo de herramienta tecnológica financiera.

En el caso de la cuarta pregunta, tiene como objetivo evaluar la percepción de seguridad de los usuarios al utilizar una *fintech*. El indicador de percepción de seguridad obtenido fue 70,8 %. Para esta interrogante, solo se consideran las respuestas de las escalas 4 y 5, debido a que para la seguridad percibida se tienen tres escalas que indican inseguridad al hacer uso de estas tecnologías. Este indicador muestra el valor más bajo en comparación con los anteriores. Al realizar las hipótesis secundarias, se esperaba este resultado, debido a diversos motivos al hacer uso de tecnologías para el manejo del capital personal.

**Tabla 3.5**

*Resultados para interrogantes con escala de Likert*

Ítem	Escalas	Frecuencia	Porcentaje
1. ¿Cuánto consideras que tus hábitos financieros se han digitalizado en los últimos años?	5	171	44,5
	4	155	40,4
	3	44	11,5
	2	9	2,3
	1	5	1,3
2. ¿Cuánto tiempo consideras que ahorras al utilizar una <i>fintech</i> ?	5	205	53,4
	4	142	37,0
	3	25	6,5
	2	6	1,6
	1	6	1,6

(continúa)

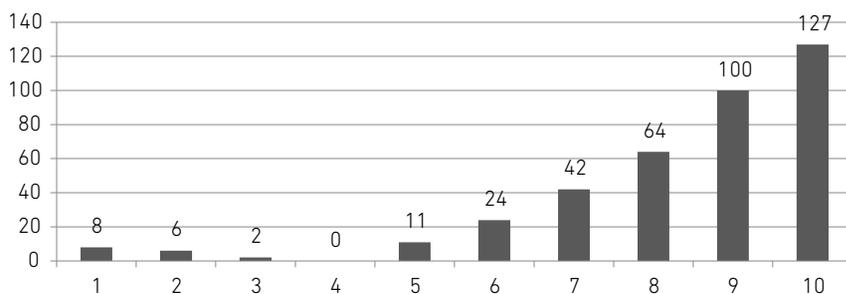
(continuación)

Ítem	Escalas	Frecuencia	Porcentaje
3. ¿Cómo calificarías tu experiencia general utilizando <i>fintech</i> peruanas?	5	121	31,5
	4	170	44,3
	3	76	19,8
	2	6	1,6
	1	11	2,9
4. ¿Qué tan seguro te sientes utilizando una <i>fintech</i> de pago móvil?	5	126	32,8
	4	146	38,0
	3	83	21,6
	2	17	4,4
	1	12	3,1

El NPS permite saber qué tan probable es que recomienden los servicios de las *fintech* peruanas y conocer la relación de la empresa con el cliente mediante una escala de Likert del 1 al 10, siendo 1 nada probable, y 10 muy probable.

**Figura 6**

*NPS fintech peruanas*



Antes de calcular el *Net Promotor Score*, se definen detractores a los encuestados que marcaron opciones del 1 - 6, pasivos del 7 - 8 y promotores a aquellos que eligieron opciones del 9 - 10. Para calcularlo, se resta el porcentaje de promotores con el de detractores multiplicado por 100.

$$NPS = (\% \text{ de promotores} - \% \text{ de detractores}) * 100$$

$$NPS = (59,1 \% - 13,4 \%) * 100 = 45,7$$

El resultado es 45,7, indicador que muestra una relación saludable entre el consumidor y las empresas que brindan los servicios financieros digitales.

Para identificar cómo cambiaron los hábitos financieros tras la influencia de la tecnología, se preguntó al usuario sobre su comportamiento financiero en situaciones cotidianas. En este caso, dos situaciones que pueden ocurrir con frecuencia en relación a las verticales de pago e intercambio de divisas: método de pago preferido para pagar un producto en una tienda, la comida del restaurante o un servicio de taxi, y método de cambio de divisas preferido. En ambas ocasiones, la mayoría de encuestados tuvieron como preferencia utilizar una *fintech*, lo que indicaría un cambio de hábitos financieros. Un punto clave para identificar este cambio fue la definición de los métodos tradicionales, de hace algunos años. Los únicos medios de pago e intercambio de divisas eran el efectivo, la tarjeta de débito o crédito, las casas de cambio y los bancos. En la actualidad, con la variedad de opciones existentes, el cliente tiene la opción de elegir su preferida, según su necesidad y beneficio. Por lo cual, se demuestra el cambio de un hábito forzado por la limitación de opciones a un hábito creado que implica el uso de un servicio tecnológico digital más ágil, sencillo y rápido con mayor frecuencia.

#### 4. DISCUSIÓN

La primera interrogante en el cuestionario planteado hace referencia directa a la hipótesis general del estudio: el surgimiento de las *fintech* ha digitalizado los hábitos financieros de las personas en el Perú. El 96,4 % de personas afirman haber digitalizado sus hábitos financieros mediante el uso de las *Fintech*

Este valor altamente representativo permite afirmar un evidente cambio en la forma de realizar operaciones financieras personales e implica una serie de beneficios percibidos por cada usuario. Los milénials tienen la intención más alta en comparación con la generación Z en el uso de canales y servicios de banca electrónica, y tienen más experiencia en este campo. La mayoría de la generación Z depende de las transacciones en efectivo, lo que refleja que no están al tanto de las tecnologías recientes en *fintech* (Mohannad et al., 2020, p. 26). A diferencia de esta tienen un rango de edad comprendido entre 18 y 25 años (generación Z). Asimismo, se tiene una proporción considerable de usuarios mayores de 50 años ( 22,4 %), lo que evidencia que el uso de estas tecnologías presenta un alto impacto generacional. Para identificar la magnitud de los beneficios mencionados anteriormente, se realizaron tres interrogantes de acuerdo a las siguientes dimensiones: ahorro de tiempo, seguridad y comodidad.

Según el cumplimiento del segundo objetivo específico, la percepción de seguridad representa el beneficio con menor magnitud dentro del estudio realizado. El 70,8 % de los encuestados afirman sentirse seguros al utilizar una *fintech*, mientras que el 29,2 %

posee una percepción de seguridad baja o nula. El uso de las *fintech* representa diversos beneficios, pero a su vez, implica algunos riesgos como la falsificación de cuentas, robos cibernéticos y fraudes. Según Setiawan et al., (2021), para mejorar la imagen de marca de los servicios de *fintech*, las empresas deben priorizar la comodidad y la seguridad como parte integral del servicio brindado para fomentar la adopción de las tecnofinanzas por parte de los usuarios (p. 14). La seguridad siempre ha sido un tema controversial en el aspecto tecnológico; por ello, se han implementado diversas medidas de protección para el usuario frente a estas situaciones. Sin embargo, suelen existir casos particulares donde se vulnera dicha protección. La seguridad siempre será un punto de mejora en aspectos relacionados al uso de la tecnología.

Por otro lado, con respecto a la comodidad del usuario, al conocer y medir su experiencia, se obtienen indicadores de satisfacción con los cuales se mide el servicio al cliente que otorgan las *fintech* peruanas. En ese sentido, las preguntas relacionadas a la experiencia general nos dieron como resultado una aprobación del 95,6 %. A pesar de ser un mercado en desarrollo en el país, se evidencia que las *fintech* están causando un beneficio y una mejora constante de la experiencia del usuario para sus operaciones financieras, según las expectativas y servicios que ofrecen de manera conforme.

Finalmente, las *fintech* en el Perú no solo han logrado satisfacer a sus clientes, sino que también los han convertido en promotores; es decir, que recomienden activamente el uso de estas tecnologías con una nota de 45,7, generando lealtad y fomentando el crecimiento. Esta nota se ubica dentro del rango óptimo (30-70), superando el rango negativo (< 0) y moderado (0-30). Sin embargo, no logra alcanzar el resultado excelente de mayor a 70, según el promedio de NPS de las organizaciones. Para ahondar más en este resultado, el NPS depende de la industria a la cual se aplica. En este caso, para la industria de servicios financieros, el punto de referencia es de 57, por debajo del promedio del mercado internacional, lo que significaría una potencial mejora en la experiencia del cliente para las *fintech* peruanas (Retently, 2022).

Los hallazgos de la investigación permiten conocer cómo la tecnología ha influenciado en el comportamiento de las personas. Según Jia, Song & Hall (2020), los hábitos de compra en línea, el uso de servicios móviles y de teléfonos celulares están positivamente relacionados con su hábito de pagos móviles (p. 258). El uso de la tecnología para las operaciones financieras facilita la experiencia del usuario haciéndola más simple y sencilla; por lo cual, dado el crecimiento del mercado de servicios financieros digitales, es importante que las organizaciones tengan conocimiento acerca del impacto de estos en los hábitos y comportamientos del consumidor. El objetivo es ofrecer nuevos productos que los clientes demanden y reforzar los actualmente ofrecidos. Llevar de la mano al consumidor con el crecimiento tecnológico permite priorizar las líneas de negocio, optimizar procesos y desechar métodos obsoletos que incurren finalmente en

un gasto. Por el lado de la perspectiva del usuario, ser consciente de estos cambios permite explorar la mayor cantidad de servicios ofrecidos para las operaciones financieras digitales y beneficiarse según su necesidad.

Es importante identificar la limitación de la investigación; por lo cual, el primer punto a señalar es el alcance y rango de la muestra, dado que el estudio se limita a solo una base de datos de un banco principal del país. Si se tuviera bases de datos de las distintas entidades bancarias vigentes en el país, se podría recaudar información y comportamiento de más clientes y observar otras verticales financieras (dimensiones), lo que permitiría ampliar el alcance del estudio. Asimismo, otra limitante hallada fue la capacidad de los negocios para adaptarse a los hábitos de los consumidores. Es decir, a pesar de que las personas se adaptan a las nuevas tecnologías financieras, no todos los negocios avanzan al mismo ritmo, debido a múltiples factores como desconocimiento, escasez económica, limitación de operaciones, descontrol de procesos, sistemas, etc. Por ende, el cliente se ve limitado a las opciones ofrecidas por los negocios donde se puede retener el crecimiento del mercado.

## 5. CONCLUSIONES

Se proporcionó una visión de las verticales financieras, los servicios digitales ofrecidos según estas verticales y la influencia de estas en actividades cotidianas. Se demostró que la manera como el usuario realiza sus operaciones financieras ha cambiado mediante el paso de los años, a raíz del crecimiento tecnológico. Las *fintech* y los nuevos modelos de negocios digitales han convertido al consumidor en un portador de la tecnología y en un usuario con hábitos digitalizados; es decir, un usuario que aplica medios digitales para realizar operaciones financieras habituales.

Los resultados evidencian la preferencia de los encuestados por las tecnologías financieras para realizar operaciones cotidianas. El uso de estas tecnologías implica una serie de beneficios, los cuáles fueron planteados como variable dependiente y serán profundizados en los siguientes puntos para demostrar el cumplimiento del objetivo general y los distintos objetivos específicos.

Con respecto a beneficios percibidos, el ahorro de tiempo es el más relevante por el público encuestado. Los resultados obtenidos para esta dimensión revelan que los usuarios ahorran tiempo significativo al hacer uso de una *fintech* en comparación con algún método tradicional para realizar operaciones financieras. Asimismo, la seguridad y la satisfacción percibida por estos servicios es positiva. Pese a ser un mercado en crecimiento, las *fintech* están cumpliendo con las expectativas de los clientes.

Finalmente, la tecnología financiera está cambiando la manera como se realizan las operaciones financieras, generando nuevos hábitos entre los consumidores, eliminando

el desperdicio de tiempo y procesos, y facilitando la transferencia o gestión de activos financieros. Está reduciendo el uso de métodos tradicionales y convirtiendo a los usuarios en seres digitales. Si bien es el inicio de la tecnología financiera, esta tiene que seguir creciendo junto con los hábitos de los consumidores. Una vez que estos se vayan adaptando a las nuevas tecnologías, habrá más beneficios para ambas partes.

## REFERENCIAS

- Abu, M., Arqawi, S., & Abu, S. (2020). Fintech in the eyes of millennials and generation Z (the financial behavior and fintech perception). *Banks and Bank Systems*, 15(3), 20-28. [http://dx.doi.org/10.21511/bbs.15\(3\).2020.03](http://dx.doi.org/10.21511/bbs.15(3).2020.03)
- Broby, D. (2021). Financial technology and the future of banking. *Financial Innovation*, 7(1), 47. <https://doi.org/10.1186/s40854-021-00264-y>
- European Banking Authority. (2017). *Discussion paper on the EBA's approach to financial technology (FinTech)*. <http://www.eba.europa.eu/documents/10180/1919160/EBA+Discussion+Paper+on+Fintech+%28EBA-DP-2017-02%29.pdf>
- Ernst & Young, EY Law. (2022). *Guía de Negocios FinTech 2022/2023*. [https://www.ey.com/es\\_pe/law/guia-fintech](https://www.ey.com/es_pe/law/guia-fintech)
- González, J., & Pazmiño, M. (2015). Cálculo e interpretación del Alfa de Cronbach para el caso de validación de la consistencia interna de un cuestionario, con dos posibles escalas tipo Likert. *Social Science Open Access Repository*, 2(1), 62-67. <https://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/42382>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2021). *Informe técnico de estadísticas de las tecnologías de información y comunicación en los hogares*. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin\\_tic.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_tic.pdf)
- Jia, L., Song, X., & Hall, D. (2020). Influence of habits on mobile payment acceptance: an ecosystem perspective. *Information Systems Frontiers*, 24(1), 247-266. <https://doi-org.ezproxy.ulima.edu.pe/10.1007/s10796-020-10077-6>
- Mohannad, A. D., Samer, A., & Sharif, A. K. (2020). Fintech in the eyes of Millennials and Generation Z (the financial behavior and fintech perception). *Banks and Bank Systems*, 1(3), 20-28. [http://dx.doi-org/10.21511/bbs.is\(3\).2020.03](http://dx.doi-org/10.21511/bbs.is(3).2020.03)
- Prieto, G., & Delgado, A. (2010). Fiabilidad y validez. *Papeles del Psicólogo*, 31(1), 67-74. <https://www.papelesdelpsicologo.es/pdf/1797.pdf>
- Retently (2022). Abril 18, 2020. What is a good net promoter score? (2022 NPS Benchmark). *Net Promoter Score*. <https://www.retently.com/blog/good-net-promoter-score/>

- Setiawan, B., Nugraha, D., Irawan, A., Nathan, R., & Zoltan, Z. (2021). User innovativeness and fintech adoption in Indonesia. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(3), 188. <https://doi.org/10.3390/joitmc7030188>
- Superintendencia de Banca, Seguro y AFP. (2022). *Reporte de indicadores de inclusión financiera de los sistemas financiero, de seguro y de pensiones*. <https://intranet2.sbs.gob.pe/estadistica/financiera/2022/Junio/CIIF-0001-jn2022.PDF>
- Sandhu, S., & Arora, S. (2020). Customers usage behaviour of e-banking services: Interplay of electronic banking and traditional banking. *International Journal of Finance & Economics*, 27(2), 1591-2647. <https://doi.org/10.1002/ijfe.2266>
- Vélez, F. (2017). *La adopción de pagos móviles para la generación Millennial en los estratos 5 y 6 de la ciudad de Bogotá*. [Tesis de grado, Colegio de Estudios Superiores de Administración]. Repositorio institucional del Colegio de estudios superiores de administración. <http://hdl.handle.net/10726/1702>



# UNA MIRADA A LA IDENTIFICACIÓN DE LAS COMPETENCIAS DIRECTIVAS\*

Jacqueline Hernández Ma gaña\*\*

<http://orcid.org/0000-0002-6452-4239>

Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría,  
Facultad de Ingeniería Industrial, La Habana, Cuba

Daimeé Padilla Aguilar

<http://orcid.org/0000-0003-3426-0217>

Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría,  
Facultad de Ingeniería Industrial, La Habana, Cuba

Narciso Abel Piñero Rodríguez

<http://orcid.org/0000-0003-2829-4090>

Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría,  
Facultad de Ingeniería Industrial, La Habana, Cuba

Recibido: 18 de enero del 2023 / Aceptado: 28 de febrero del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n44.6136>

**RESUMEN.** La investigación que se presenta tuvo como objetivo identificar las competencias directivas aplicando el modelo de evaluación de desempeño en empresas de alta tecnología. Este modelo se basa en un estudio cuantitativo y cualitativo. El método cualitativo permite profundizar en la percepción de los trabajadores y su valoración sobre la gestión de dirección en la empresa. En cuanto al método cuantitativo, este contribuye al análisis de los datos derivado de las herramientas empleadas, respaldadas por el resultado del desempeño anual de los directivos, encuestas a los trabajadores a las que se les aplica la clasificación de las competencias directivas de los expertos, y encuestas sobre la calidad directiva a ambos segmentos, directivos y trabajadores. Los resultados muestran una proporción entre las tres competencias directivas: las estratégicas, las internas de la organización y las de eficacia personal; tienen prevalencia las competencias estratégicas.

**PALABRAS CLAVE:** competencias directivas / competencias estratégicas / eficacia personal / competencias internas de la organización / indicadores

---

\* Este estudio no fue financiado por ninguna entidad.

\*\* Autor corresponsal.

Correos electrónicos en orden de aparición: [jacqueline@cim.sld.cu](mailto:jacqueline@cim.sld.cu); [padilladaimee@gmail.com](mailto:padilladaimee@gmail.com); [abelp@ind.cujae.edu.cu](mailto:abelp@ind.cujae.edu.cu)

## A LOOK AT THE IDENTIFICATION OF MANAGERIAL COMPETENCIES

**ABSTRACT.** The present investigation aims to identify managerial competencies by applying the performance evaluation model to high-tech companies. The investigation is based on a quantitative and qualitative analysis: the use of the qualitative method affords insight on workers' perceptions and their appreciation of the company's management and direction, while the quantitative method contributes to an analysis of data obtained from the aforementioned tools, supported by annual managerial performance results, worker surveys to which experts' classification of managerial competencies are applied and surveys on managerial quality conducted on both segments: managers and workers. The results show a ratio between the three managerial competencies: strategic competencies, internal organization competencies and personal efficiency, where strategic competencies are prevalent.

**KEYWORDS:** management skills / strategic skills / personal efficiency / internal skills of the organization / indicators.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las organizaciones han demostrado interés en utilizar las competencias como herramienta de gestión, vista desde su papel estratégico para un buen desempeño (Delgado Fernández et al., 2022). El impacto de este estudio permite conocer desde distintos puntos de vista las brechas para trabajar en la mejora continua de las capacidades de los directivos, las que contribuyen a estar en mejores condiciones para enfrentar el entorno.

Para ello, se requiere de organizaciones altamente desafiantes y exigentes ante los adelantos científicos técnicos; y en este perfeccionamiento, la gestión del recurso humano ocupa un lugar predominante (Cadalso Díaz et al., 2019).

En estudios anteriores se perciben signos de no atención al desarrollo de las competencias directivas (Alonso Remedios et al., 2022; Cuesta Santos & Lopes Martínez, 2020; Leal Pupo et al., 2022), lo que implica que la organización que no concientice la importancia y el aporte de las competencias directivas adolecerán de herramientas encaminadas a mantener la empresa en un alto nivel competitivo.

Las experiencias de las estructuras empresariales durante el siglo xx, inmersas en transformaciones de diversa índole, convierten en eje crucial para sus aspiraciones el desempeño de las personas. De este modo, se obtiene eficiencia y capacidad para poder desempeñar determinadas tareas en los ámbitos gerencial, militar, educativo y laboral. Existe en este último el consenso en cuanto al valor de las personas en las organizaciones.

Lo anterior se constata con el trabajo investigativo del profesor McClelland (1973), quien, a partir de investigaciones realizadas a un grupo de funcionarios para conocer el nivel de competencias para el ejercicio de sus cargos, evidencia a las competencias como un indicador clave en las funciones que estos realizan. El profesor llegó a la conclusión de que las competencias son claves para un buen desempeño laboral. En la publicación de su libro "Selección por competencias y no por inteligencia", demuestra que no es por medio de los resultados de los exámenes académicos que se puede pronosticar el desempeño de las personas; denuncia también las desigualdades hacia grupos vulnerables en el mercado laboral.

A partir de esta publicación y, en lo fundamental, en la década del ochenta, surgen diversas teorías que profundizan en la variable *competencias*, eslabón esencial de evolución en las organizaciones.

Entre estas investigaciones, se encuentra la de Boyatzis (1982), quien a partir del intercambio con directivos en varios sectores, incentiva el dialogo para comprender las conductas y los móviles que los condujeron a tener un buen desempeño. De ahí su aporte al concepto y la caracterización de los tipos de competencias, las cuales las agrupa en metas y de acción, en liderazgo, en desarrollo humano, en subordinación y de relación con otro.

Las publicaciones de estas investigaciones motivan a varios autores a profundizar en el término, en el que se ponen de manifiesto diversos enfoques y puntos de vista, a partir de valoraciones propias (Bedoya-Dorado et al., 2020; Cortez Giraldo, 2021; Del Sol Tamayo et al., 2011; Jiménez Puerto & Calderón Mora, 2020).

La motivación por comprender las teorías sobre las definiciones de competencias directivas llevó a realizar el estudio de las definiciones, las que se exponen a continuación.

En esta relación de conceptos se valora que los términos que más caracterizan a las competencias son: comportamientos, conjunto de saberes, atributos, habilidades, capacidad, cualidad, conocimientos, destrezas, habituales y observables.

**Tabla 1**

*Resumen de las definiciones de competencias directivas estudiadas.*

Autor	Año	Definición
David McClelland	1973	Conjunto de comportamientos relacionados con el buen desempeño laboral.
Guy Le Boterf	2000	El saber actuar, el querer actuar y el poder actuar forman parte de las competencias.
Richard Boyatzis	2002	Las propias características del individuo le permiten un rendimiento superior o eficaz.
Santiago Pereda Marín, Francisca Berrocal, Manuel López	2002	Comportamientos observables que conducen a las personas a realizar su trabajo de una manera eficaz y eficiente.
Pablo Cardona y Pilar García Lombardía	2005	Las competencias han de ser habituales y observables.
Marta Alles	2007	Aprecia que la personalidad de los individuos y sus comportamientos pueden generar un desempeño exitoso en un puesto de trabajo.
Sergio Tobón	2008	Los diferentes saberes (saber ser, saber hacer, saber conocer y saber convivir) son determinantes en el desempeño de las personas.
Don Hellriegel, Susan E. Jackson John W. Slocum Jr.	2009	Para el logro eficiente en las organizaciones, es determinante la demostración de conocimientos, destrezas, comportamientos y actitudes.
Armando Cuesta Santos	2011	Incluye no solo conocimientos y habilidades para hacer el trabajo (saber hacer), sino también actitudes, valores y rasgos personales vinculados al buen desempeño en el mismo (querer hacer).

El resumen de las definiciones evidencia cuán necesario es para los directivos enfocar sus objetivos en la adquisición de nuevos conocimientos e influir en sus colaboradores (Samá Muñoz, 2020; Santacruz Montenegro et al., 2019; Vallín Contreras,

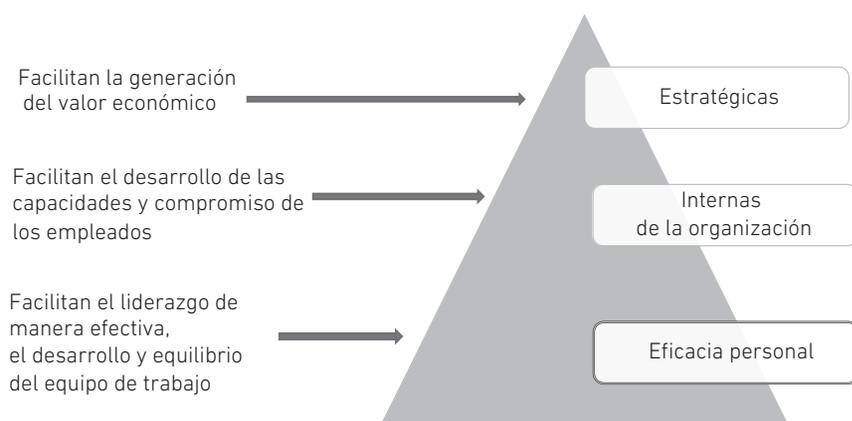
2018; Cuesta Santos & Lopes Martínez, 2020), sin desligarse de la interacción con el entorno.

De ahí que, para demostrar un buen manejo de conflictos, resolución de problemas, habilidades para comunicar y tomas de decisiones, requiere de preparación, lo cual solo es posible mediante el proceso de formación y desarrollo por el que transite el directivo.

Significativa importancia se concede al aporte de los autores (Cardona & García Lombardía, 2005) en la valoración que hacen de las competencias directivas, agrupándolas en tres dimensiones: estratégica, intratética y eficacia de personas; cada una de estas dimensiones (Ramírez Ortega et al., 2017) integra competencias que las distinguen, como se refleja en la Figura 1. Para una mejor comprensión del término, en el caso de la competencia intratética, este trabajo denominará: competencia hacia lo interno de la organización.

**Figura 1**

*Clasificación de las competencias*



Las dimensiones estratégicas se integran por:

- Gestión de recursos
- Orientación al cliente
- Red de relaciones efectivas
- Negociación

Las dimensiones internas de la organización se integran por:

- Comunicación

- Dirección de personas
- Delegación de personas
- *Coaching*
- Trabajo en equipo
- Liderazgo

Las dimensiones de eficacia personal se integran por:

- Proactividad
- Resolución de problemas
- Autogobierno
- Gestión personal
- Integridad
- Desarrollo personal

La recomendación de los autores, respecto a las dimensiones para la función directiva, sin lugar a duda constituye una valiosa herramienta de dirección para asegurar la competitividad de la empresa; aspectos a tener en cuenta al momento de la implementación.

El sector empresarial cubano está llamado a ganar en eficiencia, organización y eficacia, teniendo en cuenta que la baja eficiencia es uno de los factores que caracterizan a la economía cubana. Como parte del sector empresarial, se encuentran las empresas de alta tecnología. Estas se caracterizan por un alto potencial científico y se constituyen en organizaciones económicas con resultados de impacto; son innovadoras, exportadoras y económicamente viables, actores principales de la articulación entre la ciencia y los sectores de la economía. Los recursos humanos, a partir de sus conocimientos, cumplen un rol fundamental en el desarrollo de la innovación, las tecnologías y la integración de los procesos de esta industria (Cadalzo Díaz et al., 2019).

Un elemento importante en las organizaciones, y que forma parte de sus recursos humanos, lo constituyen los directivos, segmento estratégico al que corresponde afrontar con profesionalidad, visión, conocimiento, liderazgo y preparación las transformaciones necesarias en función del resultado deseado (Coneo Romero et al., 2021; Jiménez et al., 2021; Samá Muñoz, 2020).

De ahí que, dentro de la capacidad directiva, el enfoque por competencias constituye una herramienta valiosa y un activo estratégico en la organización.

El objetivo de este trabajo es identificar las competencias que poseen los directivos aplicando el modelo de evaluación del desempeño validado por parte de los expertos, que permitirá, a partir de los resultados obtenidos, desarrollar la labor directiva.

## 2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este estudio, se emplearon los métodos teóricos y empíricos. Se consideró pertinente realizar una revisión bibliográfica acerca del tema, a partir de las investigaciones y publicaciones realizadas por expertos. Se realizó la revisión de artículos, tesis de grado, de maestría, y documentos aportados por la entidad objeto de estudio. El método análisis-síntesis en la redacción del documento y la tormenta de ideas se dieron a partir de la valoración del equipo de trabajo que acompañó al estudio.

El análisis se realizará una vez concluida la recolección de datos, para luego ser tabulada mediante el *software* SPSS versión 26 y el Microsoft Excel® que servirán para obtener tablas y gráficos que requieran la investigación.

Las siguientes interrogantes forman el hilo conductor al resultado que se presenta:

- ¿Cómo diagnosticar las competencias directivas en la organización?
- ¿Cuál es la percepción de los trabajadores sobre la calidad directiva en la organización?
- ¿Qué proceder realizar para llevar las competencias actuales hacia el estado deseado?

La población estuvo conformada por los directivos intermedios de la empresa y una muestra realizada de forma aleatoria a 176 trabajadores (se buscó representatividad de cada una de las direcciones). Como punto de partida, el grupo de trabajo creado analiza los resultados del desempeño de los veinte directivos; el modelo de evaluación consta de siete indicadores. Para su valoración, cada uno de los aspectos tiene una ponderación de 1 a 5 en escala de Likert, donde 1 representa el valor mínimo y 5, el valor máximo. Se realiza el cálculo de las medias en la que se determina el resultado de 4,6.

## 3. RESULTADOS

Las competencias estratégicas, las internas de la organización y las de eficacia personal se identifican como competencias directivas; por tanto, responden al criterio, son comportamientos habituales y observables. ¿Qué incidencia tienen sobre el desempeño organizacional? Es lo que muestra el diagnóstico realizado. Para ello, el estudio tuvo en cuenta la propuesta de los autores Cardona & García Lombardía (2005), respecto a definir las competencias teniendo en cuenta su clasificación. Su aporte se centra en

determinar los indicadores de mejora y cuáles son los puntos débiles, a partir de cada uno de los aspectos de las dimensiones.

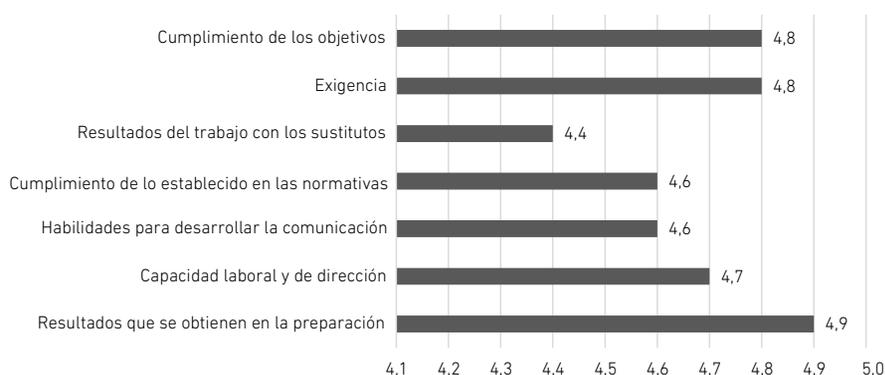
Por otra parte, se tienen en cuenta los resultados anuales del desempeño de los directivos, pues esta es una herramienta de dirección por medio de la cual es posible valorar el impacto en el desempeño del cargo, el cual, vinculado con la valoración de los subordinados respecto a este desempeño, permite un acercamiento a cuán efectiva está siendo la actividad de dirección (De León De la Garza, 2018; García Acosta & García González, 2022).

Para las respuestas a las interrogantes expuestas en la metodología base del diagnóstico que se expone a partir de las debilidades identificadas en los directivos de la organización, se tuvo en cuenta la propuesta que conciben los autores.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el estudio.

**Figura 2**

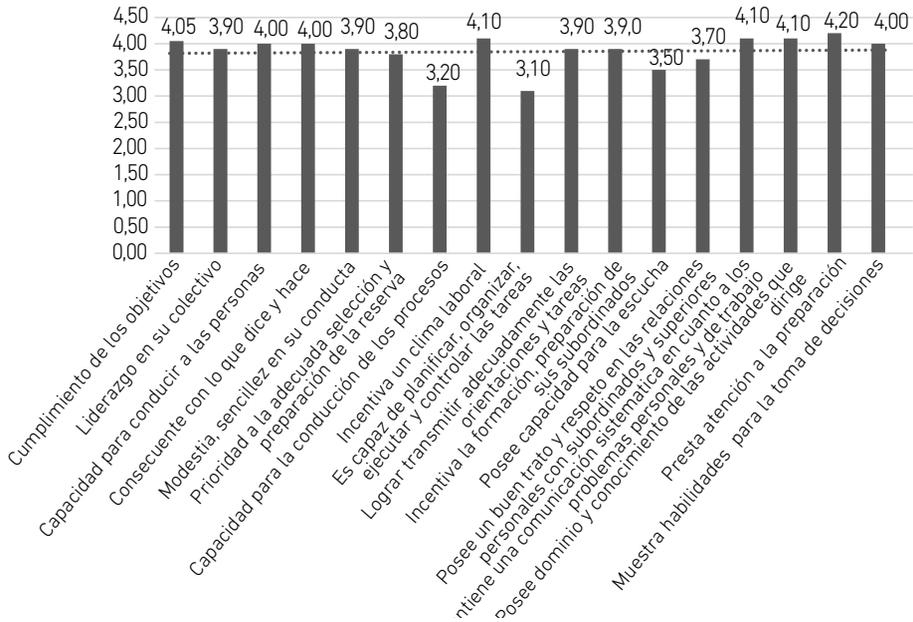
*Resultados del desempeño de los directivos*



El indicador *resultados del trabajo con los sustitutos*, como se puede apreciar en la Figura 2, obtiene una media de 4,4. De los siete aspectos a evaluar, los mayores valores se encuentran en los resultados obtenidos en la preparación, el cumplimiento de los objetivos y la exigencia, lo contrario a los resultados del trabajo con los sustitutos, que obtiene menor puntuación. Aspecto que requiere atención y prioridad, si se tiene en cuenta que, entre las responsabilidades de cualquier directivo, están el desarrollo, la potenciación y preparación de sus sustitutos.

**Figura 3**

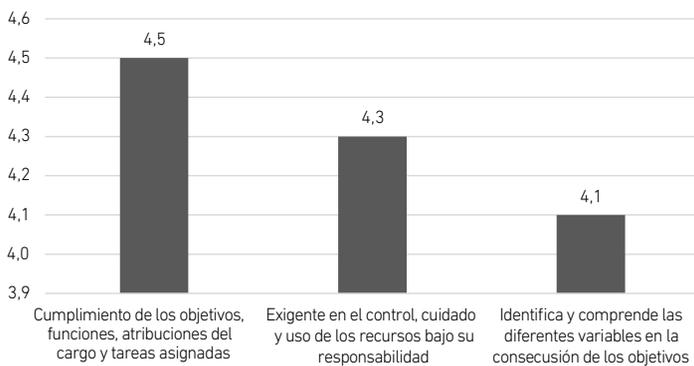
*Toma de opinión a los trabajadores*



La Figura 3 ilustra la valoración de los trabajadores, respecto a las competencias que poseen los directivos, para lo cual se diseñó una encuesta que contiene diecinueve ítems. Como se puede apreciar, hay cinco indicadores que merecen la atención de la máxima dirección de la empresa: el incentivo de la formación (3,1), la capacidad para planificar, organizar (3,2), la comunicación (3,5), dominio de la actividad que dirige (3,5) y el clima laboral (3,5).

**Figura 4**

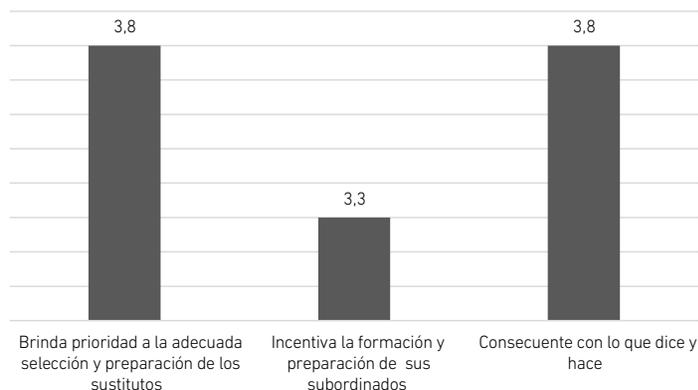
*Competencias estratégicas*



Los indicadores planteados en la encuesta diseñada guardan relación con la clasificación de las competencias directivas que exponen los expertos (Cardona & García Lombardía, 2005). Para las competencias estratégicas en la Figura 4, se valoran el cumplimiento de los objetivos, funciones y atribuciones del cargo con una media de 4,05, la más valorada; le sigue la exigencia en el control, cuidado y uso de los recursos bajo su responsabilidad con el 4,03 y, a continuación, identifica y comprende las diferentes variables en la consecución de los objetivos con 4,1.

**Figura 5**

*Competencias internas de la organización*

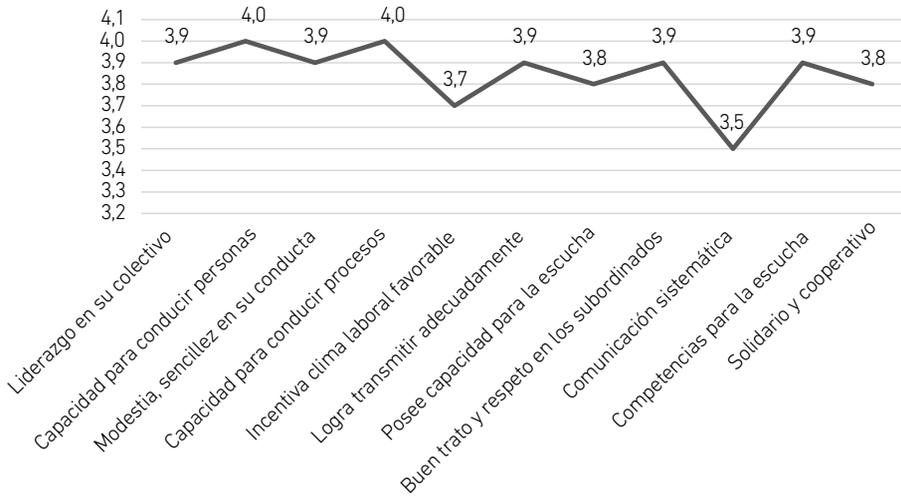


En el caso de los indicadores para evaluar las competencias hacia el interior de la organización, como muestra la Figura 5, el aspecto incentiva la formación y preparación de sus subordinados, y obtiene el menor valor con un puntaje de 3,3; este resultado, si lo comparamos con la Figura 2, nos dice que estamos ante una brecha importante en la actividad directiva por parte de los que tienen la responsabilidad de ejecutar los destinos de la empresa, lo que requiere con urgencia su revisión y reversión.

En el caso de las competencias de eficacia personal en la Figura 6, se ubica en primer orden la capacidad para conducir personas y la capacidad para conducir procesos con 4,0. Le sigue, en ese orden, el liderazgo en su colectivo, la modestia y sencillez en su conducta, el buen trato y respeto en las relaciones personales, así como las competencias para la escucha con 3,9. La comunicación sistemática tiene el menor puntaje con 3,5; de igual manera, es un indicador que requiere revisión; sin comunicación no es posible conocer ni comprender las estrategias de la organización y, menos aún, lograr el compromiso de los trabajadores con los objetivos propuestos.

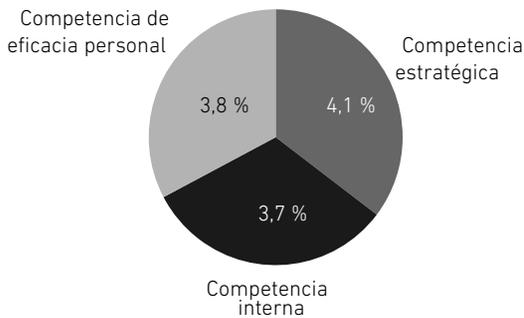
**Figura 6**

Competencias de eficacia personal



**Figura 7**

Resumen de las dimensiones

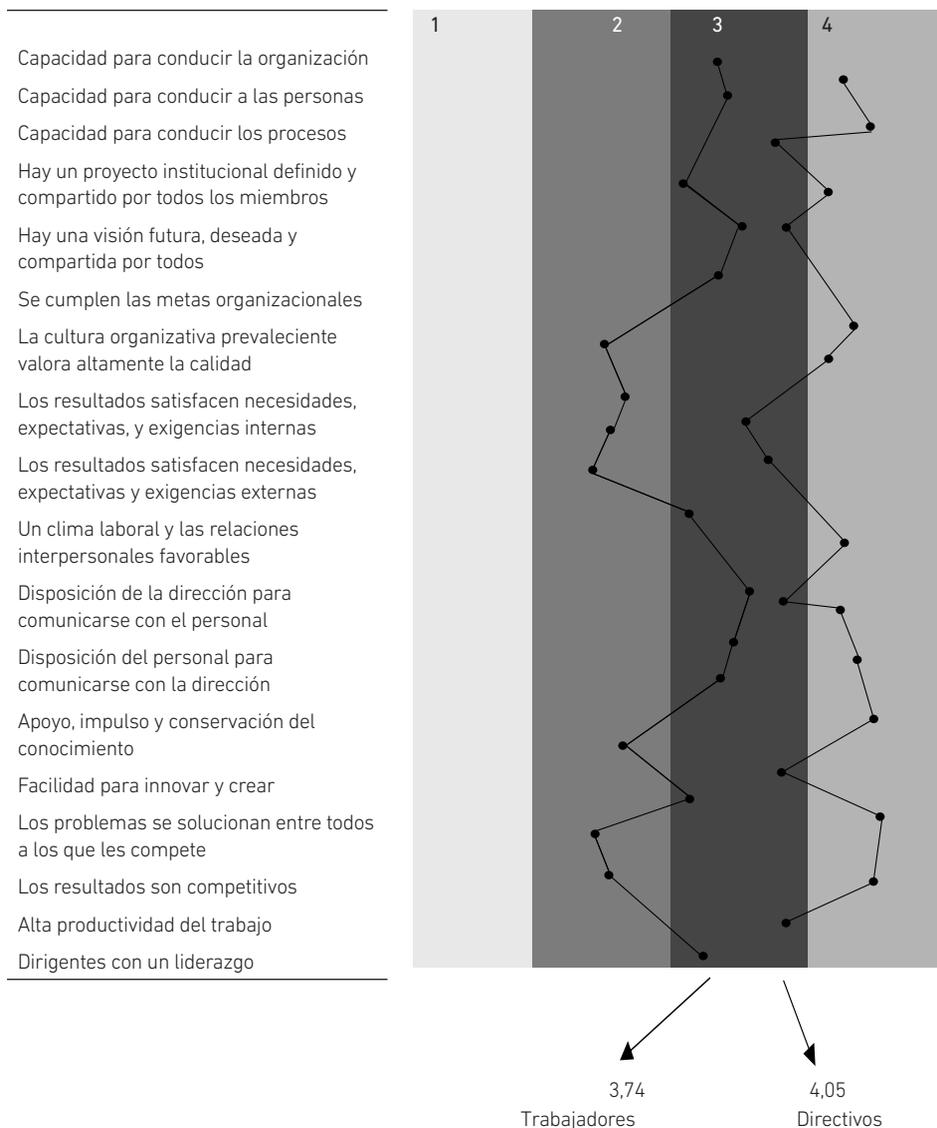


La representación gráfica de la Figura 7 resume las tres dimensiones de las competencias directivas. El mayor puntaje se refleja en las competencias estratégicas con el 35 %. Le siguen las competencias de eficacia personal con el 33 %. Por último, las competencias a lo interno de la organización con 32 %.

En la valoración de los trabajadores sobre la labor directiva, se puede apreciar que existe proporción entre las tres competencias, y ello es importante para el logro de los resultados de la organización. No obstante, es necesaria la revisión con mirada crítica de cada uno de los indicadores, que, de no atenderse con intencionalidad, pueden llevar a ocasionar el efecto no deseado para la empresa.

**Figura 8**

*Evaluación de la calidad directiva*



La aplicación de la herramienta sobre calidad directiva, que se refleja en la Figura 8, percibe obtener la valoración de los propios directivos sobre su capacidad en los temas de dirección y la mirada de los trabajadores sobre su gestión. Como se puede apreciar, las percepciones de uno y otro difieren en cada uno de los aspectos.

#### 4. DISCUSIÓN

Las interrogantes del trabajo investigativo responden a los resultados de las herramientas empleadas, las que aportan información y permiten replantearse la línea de trabajo a seguir.

En la evaluación anual del directivo, se deben ver reflejadas las competencias directivas que, a juicio del grupo de trabajo que colabora con la investigación, es posible emplear con este criterio al ser de obligatorio cumplimiento en la organización. Los resultados que aporta son valores elevados, lo que permite identificar la presencia de directivos con alta competitividad. Sin embargo, cuando se examinan las derivaciones de las encuestas a los subordinados, se aprecia una notable diferencia entre uno y otro.

Particular importancia se concede a los resultados de las dimensiones, cuando se comparan estos con los obtenidos en otras investigaciones consultadas (Cortez Giraldo, 2021). En relación a la identificación de las competencias, nos permite conocer la relevancia de las competencias estratégicas por encima de las internas de la organización y eficacia personal. Las variables con mayor puntuación en cada una de ellas a lo individual se refieren al cumplimiento de los objetivos (estratégica), adecuada preparación (interna de la organización) y conducción de personas (eficacia personal). En su conjunto, obtienen el resultado deseado que espera una organización, lo que refleja estar en presencia de directivos enfocados en la estrategia de la empresa, en el desarrollo y crecimiento, y en el compromiso de los empleados.

Siguiendo el análisis anterior, se recurre a la variable calidad directiva. Los resultados de los indicadores de esta herramienta expresan por si sola las claras brechas entre ambos segmentos, y esta variable que se analiza es un referente en cuanto al potencial desarrollo de las personas, a su nivel de lealtad, compromiso personal y resultado, los que en su conjunto trasciende al futuro de la organización, por lo que la atención y comparación de cada uno de los aspectos merecen la reflexión en el órgano colectivo de dirección.

La finalidad del presente trabajo ha sido dar a conocer la valoración que hacen de directivos y trabajadores sobre las competencias directivas, concediendo importancia a la percepción que tienen los trabajadores sobre estas, concepción interesante a tener en cuenta para identificarlas.

#### 5. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio han puesto de manifiesto la necesidad de dotar de herramientas a los directivos en función de mejorar continuamente sus competencias. De no atenderse como corresponde las brechas claramente identificadas en los instrumentos empleados, pueden imposibilitar el buen funcionamiento de la empresa, su desarrollo y posición respecto al resto de las que componen el sector.

Para estudios futuros, se debe tener en cuenta la autoevaluación de los directivos en relación con el estado en que se encuentran las competencias, así como la valoración de los expertos sobre el tema en cuestión, lo que contribuirá a precisar y conocer su posición respecto al estado deseado de las mismas.

## 6. REFERENCIAS

- Alles, M. (2007). *Desarrollo del talento humano basado en competencias* (3.ª ed.). <https://clea.edu.mx/biblioteca/files/original/53cbcd9e4d67c61d5f91892c5a7e2f36.pdf>
- Alonso Remedios, F., Márquez Hernández I. E., Rodríguez Deler T., & Velastegui López, L. E. (2022). Estrategias para el desarrollo de las habilidades directivas en la agencia de viajes Havanatur Celimar. *Alfa Publicaciones*, 4(3), 266–279. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i3.268>
- Bedoya-Dorado, C., Murillos-Vargas, G., & González-Campo, C. H. (2020). Competencias directivas en la gestión universitaria en Colombia. *Revista Educación y Educadores*, 23(4), 685-708. <https://doi.org/10.5294/edu.2020.23.4.7>
- Boterf, G. L. (2000). La gestión por competencia. *Aedipe: Revista de la Asociación Española de Dirección de Personal*, 33, 40. <http://www.guyleboterf-conseil.com/IDEA.PDF>
- Boyatzis, R. E. (1982). *The competent manager: A model for organizational effectiveness* (N. Y. Wiley-Interscience, Ed.). <https://www.researchgate.net/publication/247813294>
- Boyatzis, R. E. (2002). El desarrollo de competencias sin valores es como el sexo sin amor. *Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones*, 18(2-3), 247-258. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231318274007>
- Cadalzo Díaz, Y., Becerra Alonso, M. J., Pulido González, A., Caballero Torres, I., & Albojaire Santamaría, M. (2019). Regularidades de la gestión del capital humano en empresas de alta tecnología del sector biotecnológico farmacéutico cubano. *Confin Habana*, 13(1). <http://scielo.sld.cu/pdf/cofin/v13n1/2073-6061-cofin-13-01-e08.pdf>
- Cardona, P., & García Lombardía, P. (2005). Cómo diagnosticar competencias para la competencia directiva. *Revista Antiguos Alumnos*, 1(1), 32-46. <https://gfarinasblog.files.wordpress.com>
- Coneo Romero, C., Bernal Martínez, M. P., & Figueroa Molina, R. E. (2021). Competencia directivas: base para una gestión de la innovación en instituciones universitarias. *Revista Boletín REDIPE*, 10(13), 87-95. <https://doi.org/10.36260/rbr.v10i13.1730>
- Cortez Giraldo, L. M. (2021). Management competencies and trust in a private service company. *Revista Industrial Data*, 24(1), 121-137. <https://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i1.17700>

- Cuesta Santos, A. (2011). *Gestión de competencias*. Editorial Academia y Félix Valera. [https://www.researchgate.net/publication/293653162\\_](https://www.researchgate.net/publication/293653162_)
- Cuesta Santos, A., & Lopes Martínez, I. (2020). Hacia las competencias profesionales 4.0 en la empresa cubana. *Revista Cubana de Ingeniería*, 11(1), 66-76. <https://www.researchgate.net/publication/350801989>
- Delgado Fernández, M., Muriel Escobar, J., Polo Vázquez, J. C., & Padilla Rodríguez, D. (2022). Perfil de competencias de los directivos y su aplicación en la agricultura en Cuba. *Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial*, 6(1), e194. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5821770>
- De León De la Garza, E. A. (2018). La gestión de recursos humanos como competencia directiva para la profundización de la función pública. *LATINDEX*, 614-622. [http://www.web.facpya.uanl.mx/Vinculategica/Vinculategica\\_3/66%20DE\\_LEON.pdf](http://www.web.facpya.uanl.mx/Vinculategica/Vinculategica_3/66%20DE_LEON.pdf)
- Del Sol Tamayo, A. N., Victoria Santiesteba, I., Ramirez Peña, R., & Torres Beber, A. (2011). *Procedimiento para el desarrollo de competencias directivas en una empresa azucarera*. [Tesis de Maestría]. Repositorio institucional de la Universidad de Las Tunas. <https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2011/tspb.html>
- García Acosta, J. G., & García González, M. (2022). La evaluación por competencias en el proceso de formación. *Revista Cubana de Educación Superior*, 41(2). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0257-43142022000200022](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0257-43142022000200022)
- Hellriegel, D., Jackson, S. E., & Slocum, J. W. (2009). *Administración. Un enfoque basado en competencias* (11 ed.). <https://uachatec.com.mx/wp-content/uploads/2019/09/Administracion>
- Jiménez, L., Bethelmy, L., Crespo, M., Santamaría, V., Outram, S., Ramírez, J., & Pitkin, M. (2021). Competencias directivas factor éxito en las IES. *Organizacion Universitaria Iberoamericana*. [https://oui-iohe.org/wp-content/uploads/2021/06/Competencias\\_Directivas\\_Factor\\_Exito\\_IES.pdf](https://oui-iohe.org/wp-content/uploads/2021/06/Competencias_Directivas_Factor_Exito_IES.pdf)
- Jiménez Puerto, C. L., & Calderón Mora, M. M. (2020). Competencias, sistematización y reflexiones para la formación. *Revista: Atlante. Cuadernos de Educación y Desarrollo*. <https://www.eumed.net/rev/atlante/2020/01/sistematizacion-reflexiones-formacion.html//hdl.handle.net/20.500.11763/atlante2001sistematizacion-reflexiones-formacion>
- Leal-Pupo, A., Bolaño-Rodríguez, Y., Espinosa-Carro, N., Correa-Sánchez, D., & Piñero-Rodríguez, N. A. (2022). Procedimiento de diagnóstico y mejora de siete capacidades de dirección y gestión empresarial. *Revista Ingeniería Industrial*, 43(1), 1-20. <https://rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/article/view/1144>
- McClelland, D. C. (1973). Testing for competence rather than for "intelligence." *American Psychological Association*, 1-14. <https://doi.org/10.1037/h0034092>

- Pereda Marín, S., Berrocal Berrocal, F., & López Quero, M. (2002). Gestión de recursos humanos por competencias y gestión del conocimiento. *Dirección y Organización*, 28, 44-54. <https://doi.org/10.37610/dyo.v0i28.159>
- Ramírez Ortega, J., Cerón Islas, H., Cerón Islas, A., & Maya Pérez, N. P. (2017). Las competencias directivas base de la competitividad empresarial. un estudio correlacional. *Revista Administración y Finanzas*, 4(12), 87-98. [https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Administracion\\_y\\_Finanzas/vol4num12/Revista\\_de%20Administraci%C3%B3n\\_y\\_Finanzas\\_V4\\_N12\\_7.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Administracion_y_Finanzas/vol4num12/Revista_de%20Administraci%C3%B3n_y_Finanzas_V4_N12_7.pdf)
- Samá Muñoz, D. (2020). Procedimiento para evaluar la calidad directiva en la Universidad Agraria de La Habana. *Revista Estrategia y Gestión Universitaria*, 8(1), 29-40.
- Santacruz Montenegro, L. C., López López, L. L., & Morales Montoya, A. Y. (2019). *Análisis de modelos de gestión por competencias como fomento a la competitividad en organizaciones del sector textil*. [Tesis de grado]. Repositorio digital Institucional de la Universidad CES. <http://hdl.handle.net/10946/4036>
- Tobón, S. (2008). La formación basada en competencias en la educación superior: el enfoque complejo. Universidad Autónoma de Guadalajara. México. [https://www.researchgate.net/publication/329440312\\_La\\_formacion\\_basada\\_en\\_competencias\\_en\\_la\\_educacion\\_superior\\_el\\_enfoque\\_complejo](https://www.researchgate.net/publication/329440312_La_formacion_basada_en_competencias_en_la_educacion_superior_el_enfoque_complejo)
- Vallín Contreras, M. d. S. (2018). *Modelo de desarrollo del talento directivo con base en competencias para su aplicación en instituciones de educación superior*. [Tesis de doctorado]. Repositorio institucional de la Universidad Complutense de Madrid. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/49455/1/T40310.pdf>

**PROYECTOS**  
**EMPRESARIALES INDUSTRIALES**  

---

**INDUSTRIAL BUSINESS PROJECTS**



# ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LA RED DE AGUA POTABLE EN SALINA CRUZ, MÉXICO\*

Adriana Eneida Ponce Martínez\*\*

<https://orcid.org/0000-0002-8435-8047>

Universidad del Istmo, Departamento de Ingeniería Industrial, Tehuantepec, México

Eduardo Martínez Mendoza

<https://orcid.org/0000-0002-8670-0221>

Universidad del Istmo, Departamento de Ingeniería Industrial, Tehuantepec, México

Rafael Ríos Esperanza

<https://orcid.org/0000-0002-9568-6388>

Universidad del Istmo, Departamento de Ingeniería Industrial, Tehuantepec, México

Recibido: 1 de febrero del 2023 / Aceptado: 21 de marzo del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n44.6249>

**RESUMEN.** El objetivo del presente trabajo fue evaluar el desempeño de una red de distribución de agua potable. Los datos se obtuvieron por medio del personal del sistema de aguas del municipio en estudio. Se emplearon métricas de capacidad Six Sigma para evaluar su desempeño mediante la simulación con el *software* EPANET. De acuerdo con los resultados, el sistema estudiado no cumple con los requerimientos de los usuarios. El desabastecimiento de agua no se debe a la falta de extracción, sino a las pérdidas que ocurren en el sistema, que pueden alcanzar hasta el 43 %. Se comparó el desempeño actual con el obtenido al inducir cambio en la simulación. El desempeño de la red puede ser mejorado con cambios en algunas condiciones de bombeo, distribución; además, la red requiere revisión y mantenimiento para evitar la pérdida de agua. Incrementar la extracción ocultaría el problema de desperdicio y generaría sobreexplotación de los pozos.

**PALABRAS CLAVE:** redes de distribución del agua / agua potable / simulación por computadora / Six Sigma

---

\* Este estudio no fue financiado por ninguna entidad.

\*\* Autor corresponsal.

Correos electrónicos en orden de aparición: [ponce.mtz.adri@hotmail.com](mailto:ponce.mtz.adri@hotmail.com); [ed\\_mtz@hotmail.com](mailto:ed_mtz@hotmail.com); [rrios\\_esperanza@hotmail.com](mailto:rrios_esperanza@hotmail.com)

## PERFORMANCE ANALYSIS OF THE WATER SUPPLY SYSTEM IN SALINA CRUZ, OAXACA

**ABSTRACT.** The aim of this work is to analyze the performance of a drinking water supply system. The data was collected by the city's water system staff. The water supply system performance was measured using Six Sigma metrics on an EPANET simulation. Initial conditions were compared to future scenarios under implemented changes. The results showed that the current water supply is incapable of satisfying user requirements. The water shortage is not due to a lack of extraction but to losses of up to 43% that occur within the system itself. However, according to the simulation, the system's capacity can be improved by applying changes to the pumping and distribution conditions. Inspection and maintenance of the network is a priority in order to mitigate large water losses. Increasing extraction would mask the waste problem and lead to an overexploitation of the well.

**KEYWORDS:** water supply network / drinking water / computer simulation / Six Sigma

## 1. INTRODUCCIÓN

En los años recientes, la contaminación y destrucción acelerada de las fuentes de agua han generado problemas de escasez a más del 40 % de la población mundial (Acosta, 2010; UN, 2019). En suma, para el año 2050, el 25 % de la población mundial vivirá afectada por la escasez prolongada de agua dulce, y no se lograría cubrir el volumen de entre 100 y 200 litros de agua para satisfacer las necesidades básicas y domésticas de una persona (WHO, 2003; UN, 2019).

El acceso al agua alcanzó su configuración jurídica en el sistema internacional de derechos humanos en el 2010 (Becerra Ramírez & Salas Benítez, 2016). Esto fue un hecho fundamental, porque su acceso puede considerarse como requisito y supuesto de otros derechos humanos, como la salud, la alimentación o la vivienda (Becerra Ramírez & Salas Benítez, 2016). El abastecimiento del agua está más allá de un servicio público que debe proveer cada entidad federativa. Se trata de una necesidad colectiva, básica, fundamental para la supervivencia humana y la sustentabilidad medioambiental. Esto es una necesidad absoluta, porque no existe por voluntad de las personas, se trata de un recurso vital para la vida (Tello Moreno, 2006).

En el caso mexicano, en la reforma realizada en el 2012 a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, se estableció:

Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho, y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines (DOF, 2012, 1).

Esta modificación reconoció y resaltó la importancia de este derecho, así como el papel fundamental del Estado. No obstante, continúa siendo un tema pendiente. En la actualidad, “12 millones de mexicanos no tienen acceso al agua potable, y 80 % de los cuerpos de agua está contaminado con descargas industriales” (IAGUA, 2018). Se trata del “cuarto país a nivel mundial con más personas viviendo con una severa escasez del líquido vital durante un periodo aproximado de 4 a 6 meses por año; lo que resulta en aproximadamente 20 millones de habitantes quienes sufren esta condición” (Osorno Córdova, 2018, 5).

La creciente demanda de agua en las ciudades ha dificultado que la población tenga acceso a ella de manera continua y adecuada, principalmente en los países en desarrollo (Lee & Schwab, 2005); entre otros factores, debido a una escasez del agua y a las malas prácticas en la operación y mantenimiento de los sistemas de suministro (Totsuka, Trifunovic & Vairavamorthy, 2004). En este sentido, el tratamiento del agua es

una de las principales razones para lograr agua potable segura y suministrarla como un componente vital a los hogares (Berg, 2015).

Los sistemas intermitentes de suministro de agua acarrearán problemas como: inequidad en el abastecimiento, riesgos para la salud y contaminación del agua, costos adicionales para los consumidores y suministradores, desperdicio de agua, inexactitud en los medidores de consumo, e inconvenientes para los consumidores (Totsuka, Trifunovic & Vairavamoorthy, 2004). Los riesgos de contaminación del agua existen en los depósitos de almacenamiento de los usuarios, condiciones de la tubería, o por el lavado inicial de la red (Ilaya-Ayza et al., 2015). A pesar de estas desventajas del sistema intermitente —el crecimiento y concentración de la demanda de agua, el cambio climático, la contaminación, su falta de tratamiento, entre otros factores—, este sistema de suministro podría tener un uso más frecuente en los próximos años; por lo cual, es necesario analizar su nivel de servicio para minimizar sus inconvenientes.

A nivel mundial existen retos para mejorar la gestión del agua; lo que “resulta evidente es la necesidad de estudiar las razones por las que los recursos hídricos, particularmente los destinados al abastecimiento humano y la conservación del medio ambiente, han carecido de una eficiente gestión por parte de las autoridades públicas” (Figueroa Elenes, Rentería Escobar & Martín Urbano, 2023, p. 39). “Uno de los problemas por los que atraviesan las ciudades medias es la prestación eficiente de los servicios urbanos (como el agua potable...), sus formas de gestión... falta de calidad y cantidad de los mismos” (Durán Juárez & Torres Rodríguez, 2006, p. 137). La gestión del agua potable enfrenta cada vez mayores retos; es un problema que se ha agravado en las últimas décadas en los núcleos urbanos (Figueroa Elenes, Rentería Escobar & Martín Urbano, 2023; Santiago Jiménez, 2023).

Es “urgente un replanteamiento de la política de gestión del agua... debe tener como objetivo hacer eficiente su uso, minimizando el desperdicio y utilizando como marco general el principio de sustentabilidad” (Figueroa Elenes, Rentería Escobar & Martín Urbano, 2023, p. 40). Para la mejora de la gestión, es necesario partir de una línea base, construida a partir de indicadores reproducibles y prácticos, que permitan medir el rendimiento del sistema y guiar la mejora, que, además, puedan comparar su desempeño con diferentes ciudades (Hernández García, Velázquez Angulo & Vázquez Gálvez, 2019).

En esta investigación se reportan los resultados de la evaluación del desempeño del suministro de agua en la red de Salina Cruz, en Oaxaca, México. El trabajo aporta una metodología para el desempeño de las redes de distribución de agua potable, que integra el uso de los indicadores de capacidad de procesos, tradicionalmente empleados en procesos de manufactura.

Las redes de distribución de agua potable son un sistema compuesto por la interconexión de tuberías, válvulas, tanques elevados, bombas, entre otros elementos de conexión, que guía el líquido a un punto de consumo (Gur & Spuhler, 2018). Este sistema, debido a sus condiciones hidráulicas, al incremento de la demanda, la dificultad de acceso a recursos, la falta de planeación, son difíciles de operar y controlar (Ilaya-Ayza et al., 2015; Morelos & Hernández, 2017). Una alternativa para el análisis de estos sistemas complejos son los modelos de simulación, que permiten no experimentar con el sistema real, ya que esto implicaría un alto costo económico, social y ambiental (Alvarruiz, Alzamora & Vidal, 2017; Iglesias Rey, Martínez Solano & Ribelles Aguilar, 2017; Meniconi et al., 2017).

Para la simulación de sistemas de suministro de agua, uno de los *software* más comunes para su análisis es EPANET, el cual es de acceso libre y permite el análisis de las redes bajo diferentes parámetros de operación, condiciones hidráulicas, topográficas, presión, financieras, entre otras (Abdy Sayyed, Gupta & Tanyimboh, 2014; Cabrera-Béjar & Tzatchkov, 2012; Morelos & Hernández, 2017); asimismo, el análisis de flujo de agua en tuberías, nodos, bombas, válvulas y tanques de almacenamiento o reserva, para medir, presión en nodos, variación del nivel de agua en cada tanque e incluso concentraciones químicas (Pacchin, Alvisi & Franchini, 2017; Ramana, Sudheer & Rajasekhar, 2015).

Medir el desempeño de un sistema mediante indicadores clave tiene un valor estratégico de información; sin embargo, en la práctica, esta métrica generalmente tiene como referencia el número de fugas reparadas, hecho que no proporciona una buena evaluación del sistema. De aquí, la importancia de establecer un proceso formal de medición *ad hoc* para generar la información temprana (Popova & Sharpanskykh, 2010). Los indicadores deben diseñarse de acuerdo con la naturaleza de la organización y su actividad, teniendo en cuenta los factores estratégicos clave de ella. Sin embargo, cuando se trata de procesos donde existen especificaciones de cumplimiento y variaciones propias del proceso, como la presión de suministro en el sistema, esta puede ser medida a partir de los indicadores de "capacidad de proceso" enmarcados en la metodología Six Sigma. Un indicador de "capacidad de proceso" compara el comportamiento de una característica de un proceso con sus especificaciones. Además, tiene la ventaja de reducir información compleja en un número (Steiner, Bovas & MacKay, 1997).

En el método DMAIC de Six Sigma, la medición de la capacidad de los procesos es fundamental para establecer una línea base de las condiciones actuales del proceso en estudio que, posteriormente, permitirá cuantificar el impacto de la mejora (Gejdoš, 2015). Esta evaluación del proceso permite obtener indicadores de capacidad a partir de la variación existente en el proceso (Srinivasan et al., 2014). Los indicadores de capacidad de Six Sigma,  $C_p$  y  $C_{pk}$ , permiten calificar el desempeño del proceso. Cuando el  $C_p$  es menor a 1, indica que el proceso no tiene la capacidad de cumplir con las especificaciones,

requiere acciones de mejora inmediatas; cuando  $C_p$  es igual a 1, la mayoría de las características de calidad cumplen con las especificaciones, aunque requiere un estricto seguimiento; si el  $C_p$  es mayor a 1, el proceso es adecuado para el trabajo, aunque puede ser mejorado aún (Chen, 2014).

Aunque los índices de capacidad han sido empleados ampliamente en procesos de manufactura para comparar el comportamiento del proceso respecto a especificaciones (Kane, 1986; Simanová, 2015), este trabajo propone su uso para la medición del desempeño en un sistema de agua potable. El índice  $C_p$  expresa el potencial grado de cumplimiento del proceso para garantizar que la característica de calidad se encuentra dentro de la tolerancia. Mientras que el índice  $C_{pk}$  se ocupa de la variabilidad, no solo del signo de calidad observado, sino también de su posición respecto a los límites de tolerancia (Bebr, Bícová & Zídková, 2017). Estos indicadores son empleados para procesos con distribución normal (Bracke & Backes, 2015). Se calculan empleando las ecuaciones 1 y 2.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (\text{Ec. 1})$$

$$C_{pk} = \min \left[ \frac{\mu - LSL}{3\sigma}, \frac{USL - \mu}{3\sigma} \right] \quad (\text{Ec. 2})$$

En donde:

USL: Límite superior de especificaciones.

LSL: Límite inferior de especificaciones.

s= Desviación estándar.

$\mu$ = Media

Para el análisis de la "capacidad de proceso" a partir de estos índices, es necesario que el proceso en estudio sea estadísticamente controlado; es decir, trabaja solo con causas comunes de variación, su comportamiento a través del tiempo es predecible y, para monitorearlo, pueden emplearse las cartas de control de procesos (Bebr, Bícová & Zídková, 2017). En variables continuas, generalmente se emplean las cartas de medias y rangos, o medias y desviaciones (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2009).

## 2. METODOLOGÍA

El trabajo se desarrolló en seis pasos: 1) descripción geográfica del sistema, 2) caracterización de la red de distribución, 3) construcción del sistema de variables, 4) creación del modelo de simulación, 5) análisis de acciones y 6) análisis de capacidad.

## 2.1 Descripción geográfica del sistema

El estudio se desarrolló en Salina Cruz, Oaxaca, en el sureste mexicano. Este municipio tiene una población de 82 327 habitantes (INEGI, 2018). Salina Cruz posee una topografía irregular, debido a la existencia de una cadena de cerros que, en las últimas décadas, han sido urbanizados, lo cual representa un reto para el suministro de agua potable debido a su elevación. La Tabla 1 muestra que, en una vivienda, la disponibilidad de agua es menor respecto a la media nacional. También destaca que el acceso al agua por medio de pipas es significativamente alto, respecto a la media nacional y por entidad federativa. Aunque los datos muestran que el agua entubada está disponible para el 92 % de la población, en la realidad, existen sectores sociales que padecen desabastecimiento prolongado (Ruiz, 2019; Santiago, 2019a; Tapia Barrita, 2018); por ello, esta población requiere del servicio de pipas para su abastecimiento. Sumado al desabastecimiento, debido a las condiciones de la red de distribución, la calidad del agua suministrada es afectada por los sedimentos (Tapia Barrita, 2018).

El Sistema de Agua Potable municipal de Salina Cruz, Oaxaca, reconoce la existencia de desabastecimiento, de fugas, la necesidad de mantenimiento y la reducción del volumen de extracción en algunos pozos (Martínez, 2017; Santiago, 2019b). Esta red tiene al menos 50 años de antigüedad (Santiago, 2018). Esto, sumado a factores externos como los sismos, ha generado daños estructurales que ocasionan la pérdida de entre 18 y 20 % del agua, equivalente a 60 litros por segundo (NVI Noticias, 2016).

**Tabla 1**

*Distribución porcentual de acceso al agua*

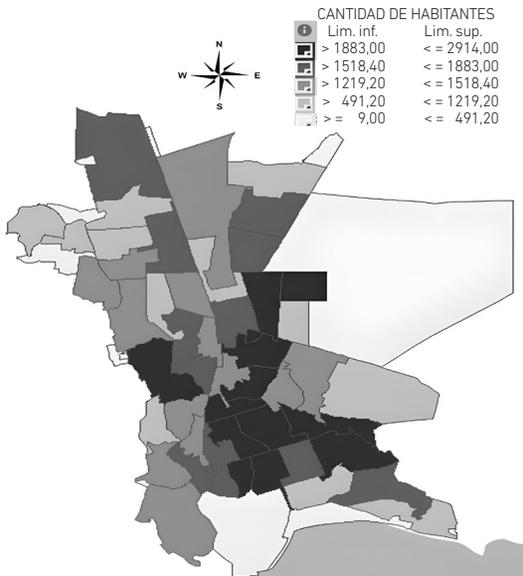
		País México	Estado Oaxaca	Municipio Salina Cruz	
Disponibilidad de agua	Total	94	85	92	
	Agua entubada	Dentro de la vivienda	77	44	59
		Fuera (dentro terreno)	23	56	41
	Agua por acarreo en pipas	Total	6	13	8
		Llave comunitaria	5	4	2
	Otra vivienda	Otra vivienda	13	8	12
		Pipa	23	20	55
		Pozo	46	54	31
		Río, arroyo o lago	9	9	0
		Lluvia	3	5	0
Otro	1	1	1		

*Nota.* Adaptado de INEGI, 2018. <https://www.inegi.org.mx/>

Se estudia la red de distribución de agua potable del municipio de Salina Cruz, ubicado en el estado de Oaxaca, el cual se localiza en el Istmo de Tehuantepec, con latitud norte 16°09'30" y longitud este 95°11'30". La Figura 1 muestra la densidad de población en cada una de las 61 áreas geostatísticas básicas (AGEB) (INEGI, 2012) donde se desarrolló este estudio.

**Figura 1**

*Densidad poblacional por AGEB, Salina Cruz*



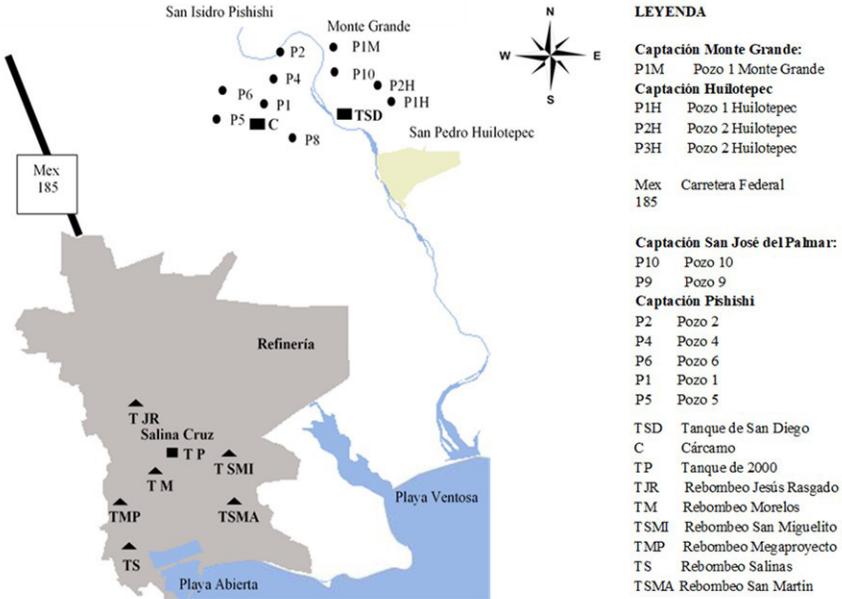
*Nota.* INEGI, 2012

## 2.2 Descripción de la red de distribución

En la Figura 2, se muestra la ubicación de los pozos de captación de agua, los tanques de almacenamiento y puntos de rebombeo en el sistema. La red de distribución de agua en Salina Cruz alcanza elevaciones ligeramente por arriba de 200 m sobre el nivel del mar; debido a esto y a la orografía, esta red de distribución es un sistema tipo árbol, porque tiene ramificaciones que no cierran circuitos.

**Figura 2**

*Pozos y tanques del sistema*

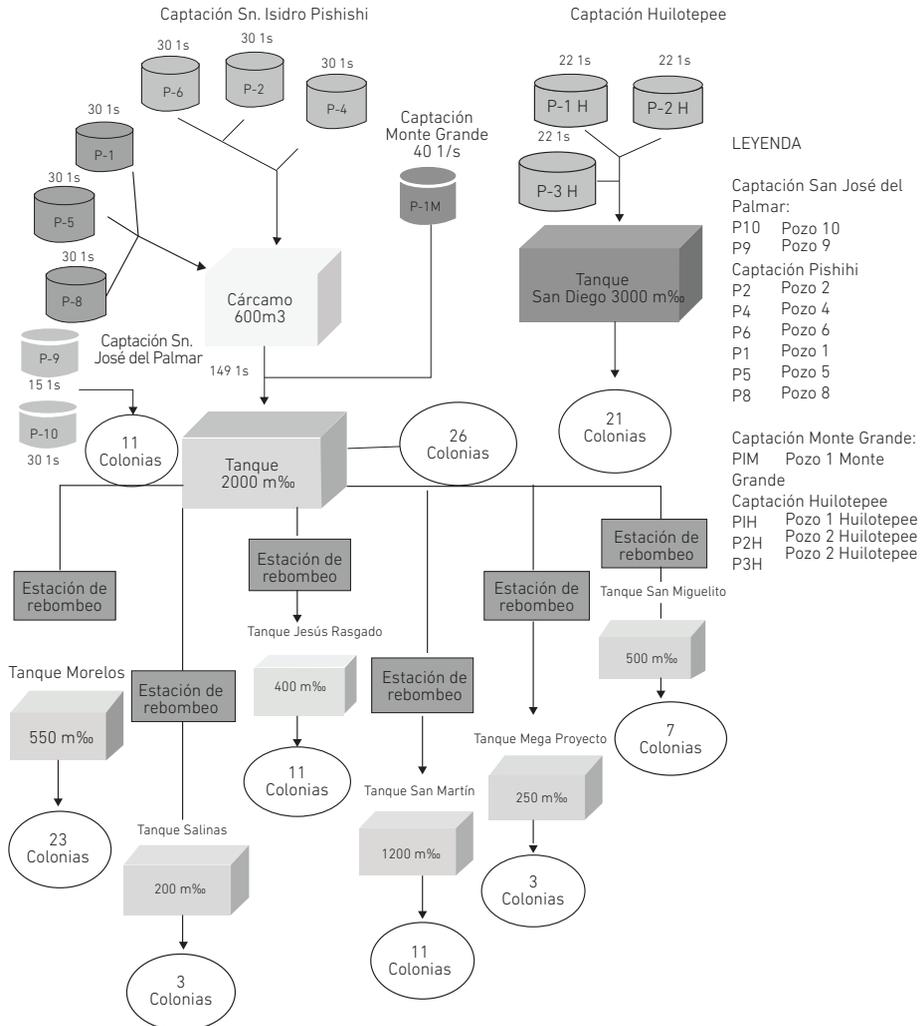


Nota. Ponce Martínez, 2019

La Figura 3 muestra la red de distribución en estudio, que se compone de 12 pozos funcionales, con profundidades de 50 metros, ninguno ubicado en el terreno municipal: 6 en San Isidro Pishishi, 3 en Huilotepec, 2 en San José del Palmar, y 1 en Monte Grande. Se muestran también la configuración del sistema, sus parámetros de operación, la interconexión entre los pozos y los sectores que atiende. De todos los pozos, solamente los dos ubicados en San José del Palmar envían el suministro directo a los usuarios, los demás emplean sistemas de bombeo para concentrar el líquido en tres tanques principales, de donde el agua es bombeada a seis tanques de almacenamiento en zonas altas para su distribución a la población. La información referente al sistema, como sus parámetros, características y demanda, fueron obtenidos de manera directa del personal del Sistema de Agua Potable (SAP-Salina Cruz), y a partir de la revisión de literatura.

**Figura 3**

*Sistema de agua potable, Salina Cruz*



Nota. Ponce Martínez, 2019

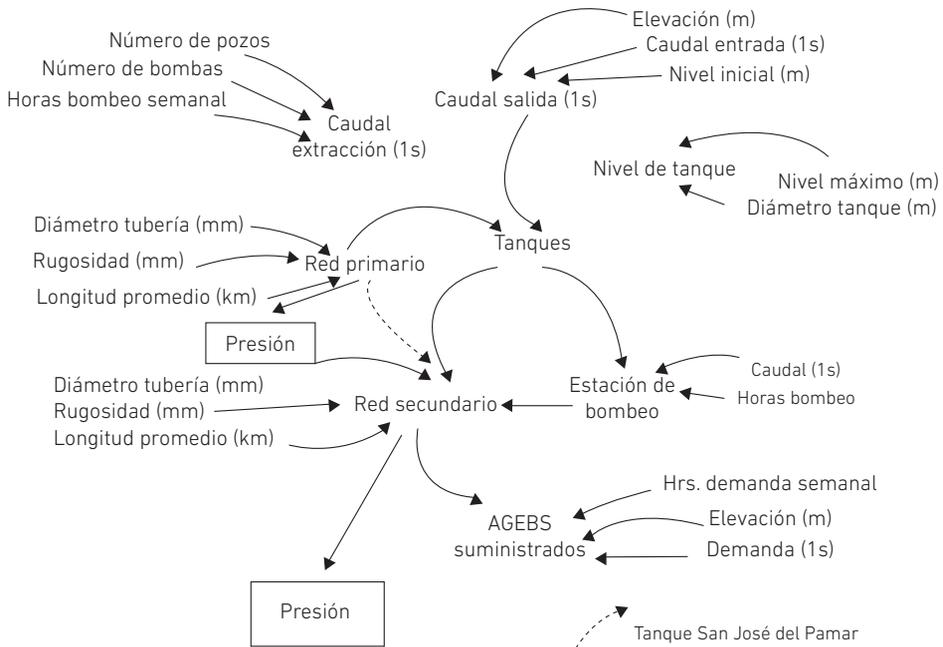
El agua extraída de los pozos es suministrada por medio de la denominada red primaria a tanques de almacenamiento para su distribución. Posteriormente, a través de la red secundaria, es enviada a través de estaciones de bombeo a tanques elevados que facilitan su suministro a los usuarios del sistema; excepto para el pozo San José del Palmar, donde el suministro se envía de manera directa a los consumidores.

### 2.3 Construcción del sistema de variables

La Figura 4 muestra las variables consideradas en el sistema de simulación. La línea punteada aplica en el caso del tanque San José del Palmar, que envía el líquido sin pasar por sistemas de almacenamiento.

**Figura 4**

*Sistema de variables*



### 2.4 Creación del modelo de simulación

Se desarrolló un modelo de simulación en el *software* EPANET para replicar el sistema en estudio, se simuló por un periodo de 168 horas. Este tiempo de simulación se realizó de acuerdo con el plan de bombeo semanal del SAP. Ante la falta de datos históricos de los niveles de presión para validar el modelo de simulación, como primer paso, el personal del SAP confirmó, a partir de su experiencia, que los días con disponibilidad de agua en las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) correspondiera con lo ocurrido en el sistema real. También, se visitaron 30 AGEBS para verificar si existió suministro el día que lo indicaba la simulación; se obtuvieron coincidencias en un 73 %, se construyó con un nivel de confianza un intervalo de confianza.

$$p \pm z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} = [0,61 - 0,84] \quad (\text{Ec. 3})$$

En donde:

$p = 0,73$

$z_{\alpha/2} = 1,96$

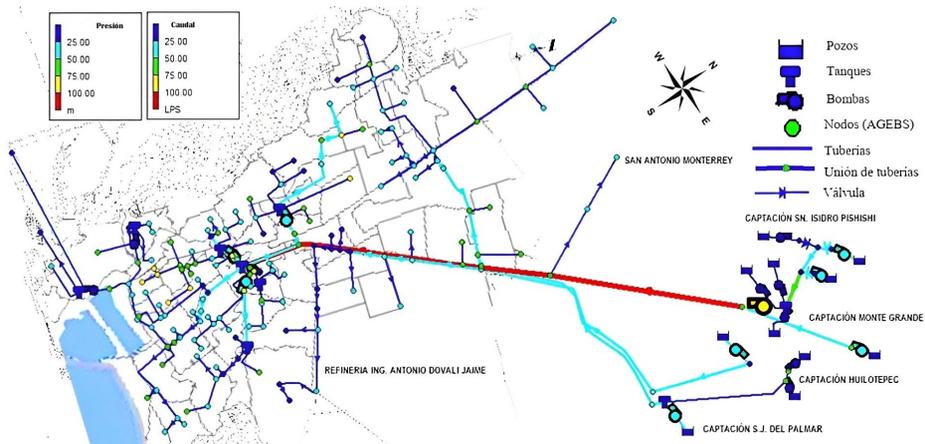
$n = 56$  AGEBS

Otros datos verificados por el personal del SAP fueron: 1) la cantidad promedio de líquido recibido es menor a 150 litros por persona, 2) las presiones superiores a 50 m.c.a., 3) presiones bajas, inferiores a 10 m.c.a. y, 4) presiones tendientes a ser inferiores, entre 11 y 25 m.c.a.

El modelo construido (Figura 5) se hizo a partir de los planos e información proporcionada por el SAP; el diámetro que se utilizó en las tuberías de la red primaria fue de 508 mm, longitud en promedio de 2 km. Para la red secundaria, el diámetro fue de 203 mm, con una longitud en promedio de 500 m.

**Figura 5**

*Sistema de suministro de agua potable en Salina Cruz*



*Nota.* Ponce Martínez, 2019

## 2.5 Análisis de acciones

Se analizaron las siguientes acciones: (1) se incrementó el tiempo de bombeo semanal en el tanque Salinas, de 25 a 56 horas; en el tanque Jesús Rasgado, de 112 a 168 horas; en el tanque Mega Proyecto, de 18 a 24 horas; (2) para reducir las presiones altas, se colocaron válvulas reductoras de presión, para evitar rupturas en las tuberías secundarias, en los tanques: Jesús Rasgado, San Diego, San Martín, Megaproyecto y Morelos; (3) para incrementar las presiones menores a 10 m.c.a., se probó la instalación de válvulas de retención en la red, y la propuesta de la creación de un tanque elevado a las afueras de la colonia Emiliano Zapata. Para las presiones tendientes a ser bajas, se mantuvo constante el tiempo de suministro cada semana. En cada escenario se tomó como variable de respuesta la presión, porque define el abastecimiento en todas las AGEB, que debe cumplir las especificaciones, como límite inferior: 10 m.c.a., y 50 m.c.a. como límite superior (Comisión Nacional del Agua - Conagua, 2007).

## 2.6 Análisis de capacidad

Para evaluar el comportamiento del sistema, se emplearon métricas de estabilidad y capacidad. Estos indicadores se analizaron para la variable de salida a presión, debido a que es una de las principales características de calidad que se evalúa en las redes hidráulicas. Se emplearon los indicadores Cp, Cpk, Pp y Ppk, porque permiten conocer la amplitud natural y en qué medida cumplen los requerimientos (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2012), a partir de las especificaciones de Conagua (2007).

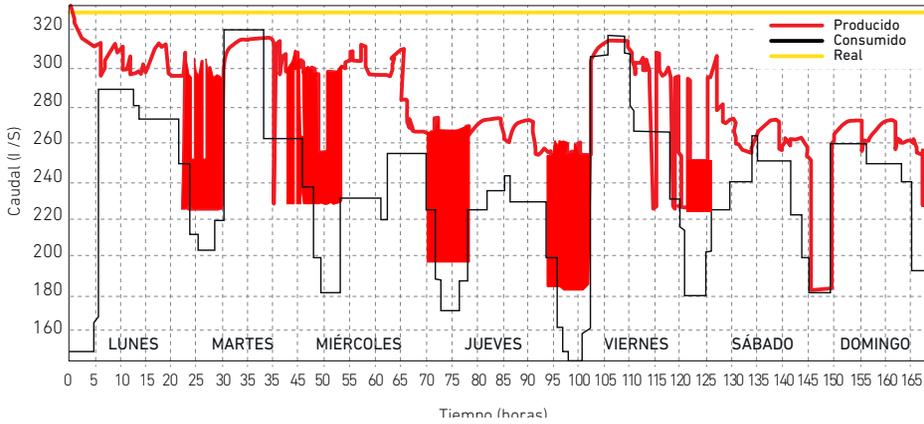
Al tratarse la presión de una variable continua, para estudiar la estabilidad se emplearon las cartas de control de medias y rangos, porque permiten observar y analizar la variabilidad y su comportamiento a través del tiempo (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, 2012), se realizaron previamente pruebas de normalidad de los datos.

## 3. RESULTADOS

La Figura 6 muestra los balances de caudal obtenidos en la simulación del sistema, aún sin inducir cambios. Se observa que la mayor parte del tiempo, el caudal producido es superior al caudal consumido. Esto indica que el problema de desabastecimiento de agua no se origina por la falta de extracción de este recurso. El caudal producido decrece durante la simulación, debido a que EPANET apaga las bombas cuando detecta que los tanques llegan a su máximo nivel. Esto ocasiona que existan intervalos de tiempo, en su mayoría nocturnos, en los que se observan cambios en el caudal producido; en el sistema real, las bombas no paran, a menos que existan fallas. La diferencia que existe entre el caudal extraído en el sistema real y el extraído en el modelo varía desde 3 % hasta 43 %. Esta diferencia puede deberse a fugas no detectadas en el sistema.

**Figura 6**

*Balace de caudales*

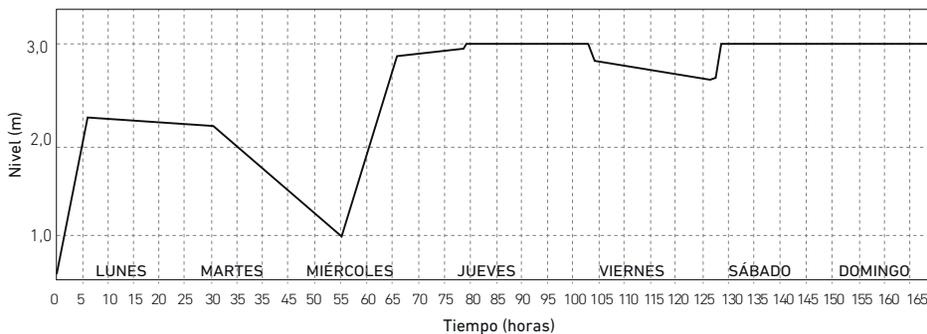


Respecto al tanque San Diego de 3000 m<sup>3</sup>, el cual abastece a 21 colonias, se encontró que, durante los lunes, martes y miércoles, el nivel de este tanque es bajo comparado con otros días, debido a que existe mayor demanda (Figura 7).

El nivel de este tanque está en función al número de AGEB que abastece cada día, por tanto, el número de habitantes. Este tanque San Diego tiene la capacidad de suministrar, incluso, más de 300 litros/día por persona. En la simulación, los resultados indican que la falta de agua potable en algunas colonias no se debe a la falta de líquido. Algunas causas potenciales son la falta de un programa equitativo de bombeo (tandeo) para una mejor distribución, o fugas en el sistema.

**Figura 7**

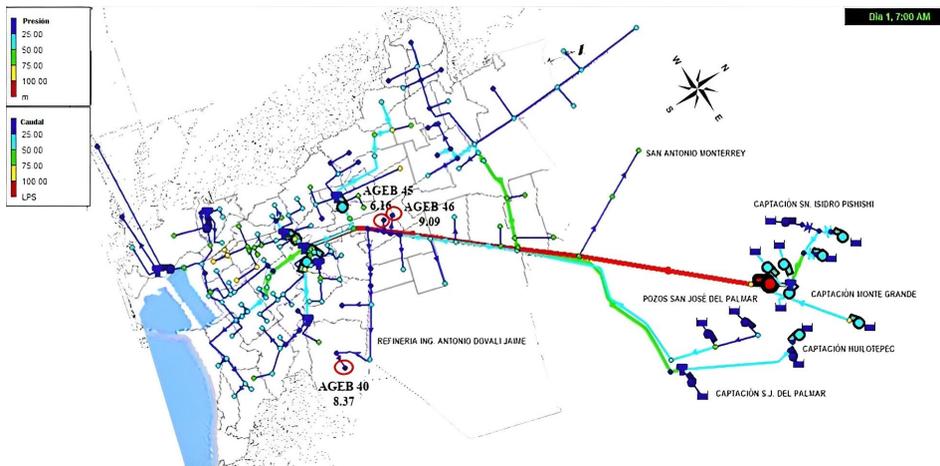
*Niveles del tanque San Diego*



La Figura 8 muestra la presión y caudales obtenidos en la simulación del día 1, la variable de salida del sistema que se estudió fue la presión, por tratarse de una característica de calidad relevante en el sistema para determinar si en él existen problemas de desabastecimiento. En este día se presentaron tres AGEB con niveles de presión por debajo de los 10 m.c.a. (círculos rojos).

**Figura 8**

*Resultados de presión y caudal, día 1 (lunes)*



Se analizó la presión en el sistema durante los siete días de la simulación, debido a que esta variable está directamente afectada por el caudal que circula en la tubería, y no todos los días existe este caudal, ya que la distribución de este recurso no es continua, depende del plan de bombeo que sigue el personal del SAP. Los valores mínimos y máximos permisibles para la variable presión son 10 m.c.a. y 50 m.c.a. respectivamente (Conagua, 2007). Las presiones obtenidas en cada AGEB se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Presiones obtenidas en cada AGEB*

Tanque	AGEB	PRESIÓN (m.c.a.)	Tanque	AGEB	PRESIÓN (m.c.a.)
TSMI	57	28,06	TP	35	42,36
	15	33,19		9	35,2
	16	27,71		10	39,96
	41	34,7		37	39,38
	12	17,59		34	40,76
	36	33,26		38	40,36

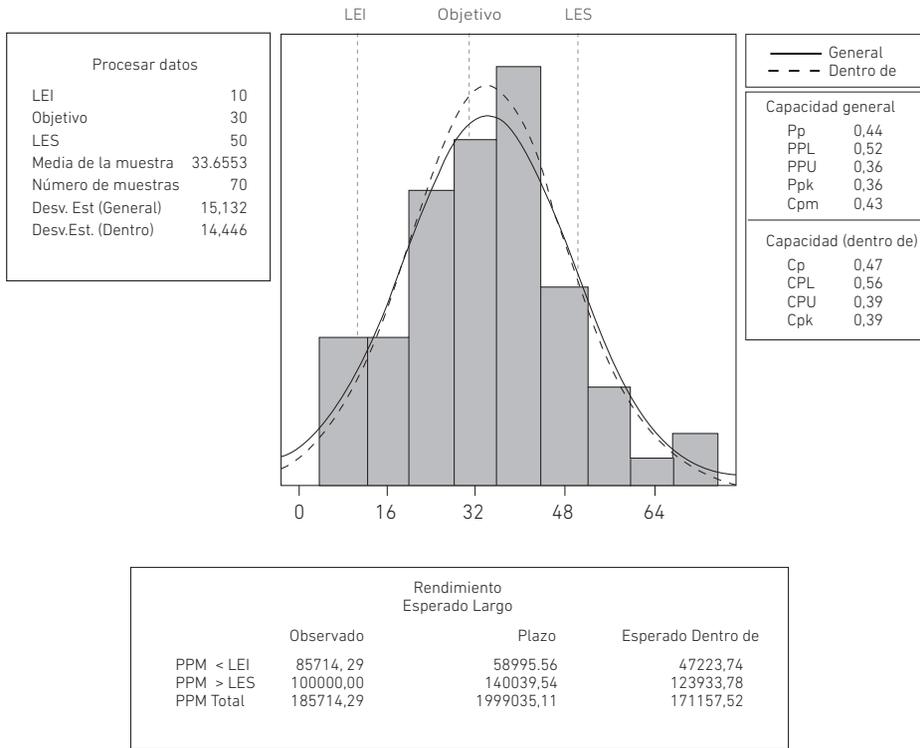
Tanque	AGEB	PRESIÓN ( m.c.a.)	Tanque	AGEB	PRESIÓN ( m.c.a.)
	30	36,16		12	26,42
	18	27,5		36	28,22
	31	26,32		3	38,79
	60	41,66		8	21,01
	58	48		58	20,99
	5	41,75		33	45,1
	3	47,24	TSD	25	33,41
	8	75,27		49	27,54
	14	38,14		48	32,25
	39	48,17		54	43,48
TS	1. Salinas	23,52		7	60,3
	2. Santita	16,19		55	48,3
	1. Escolleras	22,23		Granadillo	41,57
TJR	23	36,74		Brecha	39,34
	39	48,55		53	41,35
	18	44,17		52	26,89
	6	43,23		27	15,95
	20	6,79		51	5,08
	21	15,62		26	26,93
	22	71,53		28	4,08
	24	55,99		61	13,89
PSJ	47	28,82	TSMA	13	28,45
	17	28,74		37	53,94
	44	29,09		12	21,2
	46	9,09		40	55,54
	45	6,16	TMP	32	56,32
	42	12,23		31	41,58
	40	8,37		60	48,65

A partir de los valores de presión obtenidos en la simulación, se realizó un análisis de estabilidad y capacidad; se validó previamente que los datos estudiados pertenecieran a una población normal. En la Figura 9, se observa que los datos se ajustan a la línea de normalidad, el valor P es 0,524; al ser este un valor mayor a 0,05, se confirmó que los datos estudiados proceden de una población con distribución normal, una condición necesaria para realizar pruebas de capacidad y estabilidad.

Como resultado de la prueba de capacidad, se obtuvo un índice Cpk de 0,39, por lo que se afirma que el sistema no cumple con las especificaciones, se trata de un proceso de pobre desempeño. El Cp indica que tampoco posee la capacidad potencial de cumplimiento con las especificaciones; al igual que los indicadores de largo plazo (Pp, Ppk). En la Figura 9, se observa que existe un comportamiento de datos bajo la distribución normal, aunque existen presiones fuera de ambos límites de especificaciones. Por otro lado, el Cp de 0,47 indica que se trata de un proceso de muy bajo desempeño, incapaz de cumplir con los requerimientos establecidos; respecto al CPK, el CPU de 0,39, indica que existen no conformidades respecto al límite superior de especificaciones, que determinan el valor del CPK=0,39, confirmando que el proceso no tiene actualmente la capacidad de cumplir con las especificaciones. Respecto a los indicadores de largo plazo, Pp y PPK, estos son bajos y el proceso debe ser mejorado para cumplir con las especificaciones establecidas para la variable presión. La existencia de presiones fuera de las especificaciones (10,50 m. c. a.) generan problemas de escasez, debido a que una presión baja no permitiría que el líquido llegue a todos los puntos; en contraparte, una presión muy alta genera problemas en la red, posibles daños o rupturas en las tuberías.

**Figura 9**

Análisis de capacidad



### 3.1 Análisis de acciones

La Tabla 3 muestra la mejora en el abastecimiento de agua, a partir de los cambios realizados en el sistema al aumentar el tiempo de bombeo en tres tanques del sistema (Escenario 1). Se observa que, a partir de los cambios, mejora significativamente el suministro en las colonias abastecidas.

**Tabla 3**

Resultados al aumentar el tiempo de bombeo

Tanque	Colonias abastecidas	Aumento (hr)	Litros promedio	
			Antes	Cambios
Salinas	3	25 a 56	101	165
Jesús Rasgado	11	112 a 168	137	198
Megaproyecto	3	18 a 84	58	194

Para reducir la presión en las tuberías, y con esto evitar daños en ellas, se colocaron válvulas reductoras en varias unidades geoestadísticas básicas (Escenario 2) identificados con presiones superiores a 50 m.c.a. La Tabla 4 muestra los cambios obtenidos en la presión después de colocar válvulas en las AGEB. Se observa que, en la mayor parte de los casos, se logra estabilizar la presión; esto permitiría reducir la existencia de fugas en el sistema y la presencia de zonas con escasez de agua, debido a bajas presiones. En la AGEB 8, aunque se obtiene una presión de 17 m.c.a., esta aún se encuentra dentro de los límites de las especificaciones.

**Tabla 4**

*Cambios en la presión al colocar válvulas en el sistema*

Tanque	AGEB	Colonias	Presión (m.c.a.)	
			Antes	Después
Jesús Rasgado	22	Hgo. Poniente	71,53	30
	24	Deportiva Sur	55,99	30
San Diego	7	César Linton	60,3	30
San Martín	37	San Juan, San Martín	53,94	30
	40	La Soledad	55,54	30
Megaproyecto	32	San Pablo Sur	56,32	30
Morelos	8	Guadalupe	75,27	17,45

Parte de los usuarios de las AGEB 40, 42, 45 y 46 cuentan con servicio solo cuando la demanda de la red disminuye. No se consideró cambiar la fuente de suministro de estas AGEB porque, de acuerdo con el personal del SAP Salina Cruz, esta parte de la red tiene la ventaja de un suministro continuo. Como alternativa, se probó la colocación de válvulas de retención en las AGEB 17, 44, 47 y 53 (Escenario 3). La Tabla 5 muestra los cambios en la variable de presión al colocar las válvulas de retención. Se observa que las AGEB suben su presión a niveles aceptados en las especificaciones establecidas.

**Tabla 5**

*Resultados al colocar válvulas de retención*

Pozo	AGEB	Colonias	Presión (m.c.a.)	
			Antes	Después
San José del Palmar	40	Independencia	6,16	29,9
	42	Hgo. Oriente	9,09	32,8
	45	La Soledad	8,37	32,1
	46	Istmeña	12,23	36

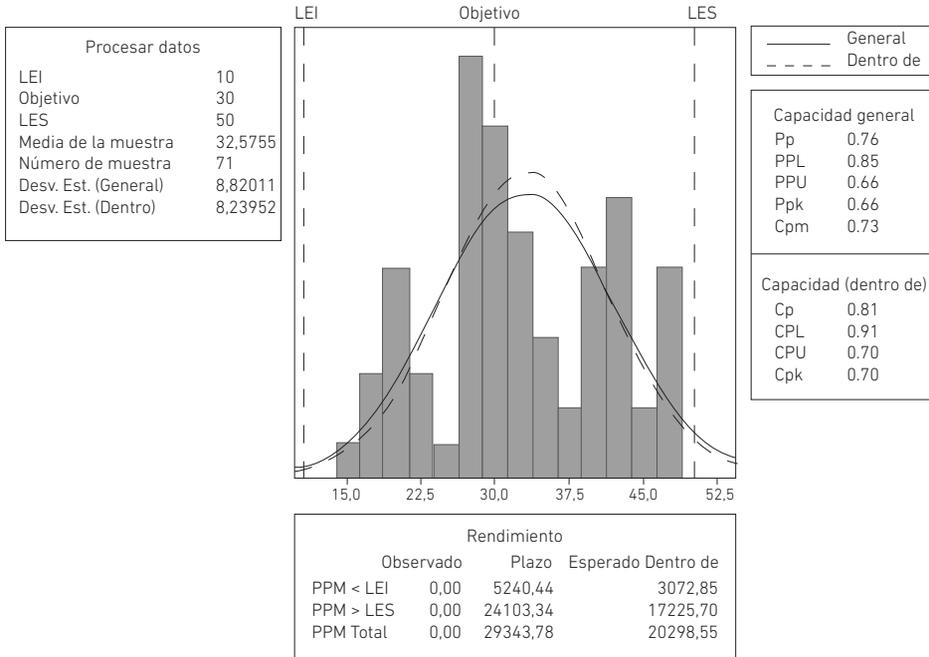
Para atender la baja presión en las AGEB 20, 28 y 50, se propone la creación de un tanque elevado en las afueras de la AGEB 23 (Escenario 4). Uno de los beneficios que tiene la creación de este tanque es abastecer a los nuevos pobladores que comienzan a habitar la colonia Cerro Alto (AGEB 1 y 2), ya que actualmente no cuentan con este servicio. Este nuevo tanque, además de abastecer a las AGEB 20, 28 y 51, también abastece a las AGEB 27 y 26, pertenecientes al tanque San Diego, y las AGEB 23, 24, 1 y 2, pertenecientes al tanque Jesús Rasgado, debido a la cercanía con este nuevo tanque, porque actualmente estas AGEB se encuentran retirados de los tanques que los abastecen. El nuevo tanque tendría una capacidad para abastecer a 6100 personas, equivalente al 7,6 % del total de la población. La fuente de suministro para este nuevo tanque sería la misma que para los demás tanques de rebombeo, de la misma manera tendría una estación de rebombeo para comenzar el llenado del este nuevo tanque; la bomba envía como máximo un caudal de 30 l/s. Las dimensiones del tanque nuevo son similares a las empleadas con los demás tanques de rebombeo actuales. Al realizar la simulación, el nivel de agua del tanque principal disminuye un metro, sin llegar a ser bajo; por lo cual, tiene capacidad para suministrar al tanque propuesto. Las presiones obtenidas para las AGEB suministradas por el nuevo tanque son: 17,95 m.c.a. para AGEB 1 y 2; 20 m.c.a. para 27, 28 y 21; 25 m.c.a. para 23; 27 m.c.a. para 26; y 36,5 m.c.a. para el AGEB 20; todos dentro del rango 10-50 m.c.a.

### 3.2 Análisis de capacidad

Al realizar nuevamente una simulación de una semana con los cambios anteriores en el sistema, se recurrió nuevamente al análisis de capacidad. La Figura 10 resume estos resultados. Se observa que el  $C_p$  crece de 0,47 a 0,81 después de los cambios, el  $C_{pk}$  cambió de 0,39 a 0,70. Aunque estos niveles aún están por debajo del mínimo recomendado (1), reflejan que el sistema mejora considerablemente con las propuestas consideradas; aunque aún no podría identificarse como un proceso de alto nivel de cumplimiento.

**Figura 10**

*Análisis de capacidad, simulaciones*



#### 4. DISCUSIÓN

En el SAP no existían datos históricos sobre el comportamiento del sistema de distribución de agua, aunque, por su experiencia y por quejas de los usuarios, se conocía sobre problemas de abastecimiento a los usuarios (Ochoa, 2020; Tapia Barrita, 2020; Santiago, 2019b). Este comportamiento también fue aplicado en EPANET para el estudio del sistema, a partir de los seis pasos establecidos en el método de investigación.

En la región se ha manifestado la necesidad de perforar nuevos pozos para atender los problemas de desabastecimiento (Nivón, 2017; Santiago, 2018). Los resultados indicaron que esto se debe en gran medida a las fugas existentes en el sistema, por lo cual, se deben enfocar los esfuerzos en su mantenimiento. Lo anterior no implica que la planeación y creación de nuevos pozos no sean temas necesarios para estudiar, como parte de un proceso planificador en la gestión del sistema; implica que debe desarrollarse un programa de mantenimiento en la red porque, en el sistema actual, existen deficiencias en el mantenimiento; algunos equipos alcanzan entre 6 y 7 años sin supervisión (BBM Noticias, 2019). Se deben incluir en este programa de mantenimiento las instalaciones de los usuarios finales, para evitar las pérdidas actuales de líquido; como también lo señalan Quiroz (2019) y Tirado (2018).

Se identificó que las fugas en el sistema, en promedio, son del 23 %; aunque pueden alcanzar picos de 43 %; estas fugas ocurren principalmente en las AGEB donde la presión es mayor, debido a que la red está expuesta a mayor fatiga. El nivel de fugas identificado es mayor al 20 % y, de acuerdo con Lahlou (2009), es el umbral para dedicar atención primordial y acciones correctivas. Se encontró que existen AGEB por encima del máximo recomendado de 50 m.c.a., incluso algunas por encima de 70 m.c.a.; por lo cual, son necesarias estrategias para su detección y reparación. Se puede atender el problema de desabastecimiento suministrando mayor caudal al sistema; sin embargo, esta práctica solo ocultaría el problema y generaría sobreexplotación de los pozos.

El uso de indicadores de capacidad de la metodología Six Sigma para la medición de la capacidad de un sistema de suministro de agua potable es pertinente porque mide el grado de cumplimiento del sistema respecto a sus requerimientos. Se atiende la necesidad de contar con indicadores reproducibles y estandarizados para medir su desempeño y comparar su eficiencia con otros sistemas similares, un problema a atender en este tipo de sistemas, como lo indican Hernández García, Velázquez Angulo & Vázquez Gálvez (2019).

Si bien EPANET es un *software* empleado para el análisis de estos sistemas, donde se analizan la velocidad, presión, pérdidas, abastecimiento, entre otras variables (Morelos & Hernández, 2017; Pacchin, Alvisi, & Franchini, 2017), el presente trabajo aporta la medición de la capacidad de estos sistemas empleando indicadores de procesos, métricas que permiten comparar el grado de desempeño de los procesos, tomando como referencia los requisitos del cliente.

## 5. CONCLUSIONES

Este trabajo aporta un método de análisis de sistemas de distribución de agua al emplear indicadores de control de calidad para la medición de su desempeño. Los pasos definidos permitieron volver a aplicar el comportamiento del sistema estudiado y definir propuestas de mejora; aún sin contar con datos históricos de su desempeño.

Se identificó que el desabastecimiento no se debe a la falta de extracción de agua, sino a fugas. Las fugas identificadas son mayores al umbral referido para destinar atención primordial (Lahlou, 2009). Este hallazgo es relevante para la planeación del sistema y el destino de recursos.

Con los escenarios simulados, se logró incrementar la capacidad real del proceso de 0,39 a 0,7; aunque aún se trataría de un sistema incapaz de cumplir sus requerimientos. Se recomienda otra evaluación después de atender las fugas en la red de suministro. El uso de indicadores de capacidad permitirá comparar el desempeño del sistema en función del cumplimiento de los requerimientos, tomando en este caso la presión como

variable de referencia. En futuros trabajos, será necesario incorporar el tiempo de disponibilidad como variable de calidad.

Una de las limitantes de la investigación fue la ausencia de datos sobre el comportamiento histórico del sistema, que, desde la experiencia del personal del SAP, sufre cambios en su comportamiento en el tiempo; sin embargo, no se contaban con datos para explicarla.

## REFERENCIAS

- Abdy Sayyed, M. A. H., Gupta, R., & Tanyimboh, T. T. (2014). Modelling pressure deficient water distribution networks in EPANET. *Procedia Engineering*, 89, 626-631. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.487>
- Acosta, A. (2010). El agua, un derecho humano fundamental. En N. Montalvo Rueda (Ed.), *Agua. Un derecho humano fundamental* (1.ª ed.), pp. 7-46). [https://www.academia.edu/37642571/Acosta\\_Alberto\\_Y\\_Martinez\\_Esperanza\\_Agua\\_Un\\_Derecho\\_Humano\\_Fundamental\\_pdf](https://www.academia.edu/37642571/Acosta_Alberto_Y_Martinez_Esperanza_Agua_Un_Derecho_Humano_Fundamental_pdf)
- Alvarruiz, F., Alzamora, F. M., & Vidal, A. M. (2017). A toolkit for water distribution systems' simulation using the loop method and high performance computing. *Procedia Engineering*, 186, 303-310. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.250>
- BBM Noticias. (25 de junio del 2019). Mantenimiento en equipo principal, dejará sin agua a Salina Cruz. *BBM Noticias*. <http://www.bbmnoticias.com/index.php/local/item/5879-mantenimiento-en-equipo-principal-dejara-sin-agua-a-salina-cruz>
- Bebr, L., Bícová, K., & Zídková, H. (2017). Use of the ppm and its function in the production process. *Procedia Manufacturing*, 13, 608-615. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.122>
- Becerra Ramírez, J. D. J., & Salas Benítez, I. (2016). El derecho humano al acceso al agua potable: aspectos filosóficos y constitucionales de su configuración y garantía en latinoamérica. *Prolegómenos*, 19(37), 125. <https://doi.org/10.18359/prole.1684>
- Berg, P. A. (2015). The world's need for household water treatment. *Journal AWWA*, 107(10), 36-44. <https://doi.org/10.5942/jawwa.2015.107.0144>
- Bracke, S., & Backes, B. (2015). Multidimensional analyses of manufacturing processes: Process capability within the case study shape drill manufacturing. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 2380-2386. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.444>
- Cabrera-Béjar, J. A., & Tzatchkov, V. G. (2012). Modelación de redes de distribución de agua con suministro intermitente. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 3(2), 5-25. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=353531977001>

- Chen, M.-S. (2014). Application of indices Cp and Cpk to improve quality control capability in clinical biochemistry laboratories. *The Chinese Journal of Physiology*, 57(2), 63-68. <https://doi.org/10.4077/CJP.2014.BAB170>
- CONAGUA. (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento ( 1.ª ed.). [www.cna.gob.mx](http://www.cna.gob.mx)
- DOF. (2012). Decreto por el que se declara reformado el párrafo quinto y se adiciona un párrafo sexto recorriéndose en su orden los subsecuentes, al artículo 4o. *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_to\\_imagen\\_fs.php?codnota=5232952&fecha=08/02/2012&cod\\_diario=244788](https://www.dof.gob.mx/nota_to_imagen_fs.php?codnota=5232952&fecha=08/02/2012&cod_diario=244788)
- Durán Juárez, J. M., & Torres Rodríguez, A. (2006). Los problemas del abastecimiento de agua potable en una ciudad media. *Espiral*, 12(36), 129-162. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13803605>
- Figuroa Elenes, J. T., Rentería Escobar, R., & Martín Urbano, P. (2023). La gestión de los recursos hídricos en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México. *Economía, Población y Desarrollo: Cuadernos de Trabajo de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez*. 13(73). 2-42. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8769421>
- Gejdoš, P. (2015). Continuous quality improvement by statistical process control. *Procedia Economics and Finance*, 34, 565-572. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)01669-X](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01669-X)
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma* ( 2.ª ed.). México: McGraw Hill.
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos* (3.ª ed.). México: McGraw Hill.
- Gur, E., & Spuhler, D. (2018). Sustainable sanitation and water management. SSWM. <https://sswm.info/water-nutrient-cycle/water-distribution/hardwares/distribution-pipes-and-channels/water-distribution-pipes>
- Hernández García, Y. G., Velázquez Angulo, G., & Vázquez Gálvez, F. A. (2019). Indicadores de agua y saneamiento en ISO 37120. Caso de estudio: Ciudad Juárez. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, (6), 65-77. <https://doi.org/10.7440/res64.2018.03>
- IAGUA (2018). La crisis del agua en México provoca que 12 millones de personas no tengan acceso a agua potable. *Agua*. <https://www.iagua.es/noticias/conacyt/crisis-agua-mexico-provoca-que-12-millones-personas-no-tengan-acceso-agua-potable>

- Iglesias-Rey, P. L., Martínez-Solano, F. J., & Ribelles-Aquilar, J. V. (2017). Extending EPANET capabilities with add-in-tools. *Procedia Engineering*, 186, 626–634. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.279>
- Ilaya-Ayza, A., Campbell, E., Pérez-García, R., & Izquierdo, J. (2015). La problemática de los sistemas de suministro de agua intermitentes. Aspectos generales. *Revista Ingeniería de Obras Civiles*, 5, 33–41. <https://revistas.ufro.cl/ojs/index.php/rioc/article/view/1990>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía - INEGI. (2012). *SCINCE*. INEGI. <http://gaia.inegi.org.mx/scince2/viewer.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía - INEGI. (2018). Censos y conteos. Población y Vivienda. <https://www.inegi.org.mx/>
- Kane, V. E. (1986). Process capability indices. *Journal of Quality Technology*, 18(1), 41–52. <https://doi.org/10.1080/00224065.1986.11978984>
- Lahlou, Z. M. (2009). Detección de fugas y control de pérdida de agua. *National Environmental Services Center*, 1-4. <https://agua.org.mx/biblioteca/deteccion-fugas-control-perdida-agua/>
- Lee, E. J., & Schwab, K. J. (2005). Deficiencies in drinking water distribution systems in developing countries. *Journal of Water and Health*, 109-127. <https://doi.org/10.2166/wh.2005.0012>
- Martínez, E. (2017, 22 de marzo). Puerto de Salina Cruz al borde de un posible colapso de agua potable. *Matutinazo*. <http://matutinazo.com/2017/03/22/puerto-salina-cruz-al-borde-posible-colapso-agua-potable/>
- Meniconi, S., Brunone, B., van Zyl, K., & Mazzetti, E. (2017). Aqualibrium competition: Laboratory data and EPANet simulations. *Procedia Engineering*, 186, 522-529. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.265>
- Morelos, R. A., & Hernández, J. R. (2017). Modelación hidráulica de la red de distribución de agua potable en una ciudad mexicana EPANET. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 4, 131. <http://www.reibci.org/publicados/2017/abr/2200106.pdf>
- Nivón, M. de los Á. (2017, 3 de septiembre). Inversión millonaria resolverá desabasto de agua en Salina Cruz. *Primera Línea Oaxaca*. <https://primeralineamx.com/inversion-millonaria-resolvera-desabasto-de-agua-en-salina-cruz-rodolfo-leon-aragon/>
- NVI Noticias. (2016, 19 de abril). Se pierden en Salina Cruz 60 litros de agua por segundo. *NVI Noticias*. <https://www.nvinoticias.com/nota/6679/se-pierden-en-salina-cruz-60-litros-de-agua-por-segundo>

- Ochoa, P. (2020, 11 de marzo). Vecinos denuncian el desabasto de agua en Salina Cruz. *Meganoticias*. <https://www.meganoticias.mx/index.php/morelia/noticia/vecinos-denuncian-el-desabasto-de-agua-en-salina-cruz/132663>
- Osorno Córdova, C. (2018). Propuestas clave para la gestión democrática y sostenible del agua en México. <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/mexiko/15612.pdf>
- Pacchin, E., Alvisi, S., & Franchini, M. (2017). A new non-iterative method for pressure-driven snapshot simulations with EPANET. *Procedia Engineering*, 186, 135-142. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.219>
- Ponce Martínez, A. E. (2019). *Modelo de simulación de la red hidráulica del municipio de Salina Cruz, Oaxaca* [Trabajo de fin de grado]. Universidad del Istmo, campus Tehuantepec.
- Popova, V., & Sharpanskykh, A. (2010). Modeling organizational performance indicators. *Information Systems*, 35(4), 505-527. <https://doi.org/10.1016/j.is.2009.12.001>
- Quiroz, C. (10 de septiembre del 2019). Denuncian fuga de agua potable en Salina Cruz. *MegaNoticias*. <https://www.meganoticias.mx/salina-cruz/noticia/denuncian-fuga-de-agua-potable-en-salina-cruz/97281>
- Ramana, G. V., Sudheer, C. V. S. S., & Rajasekhar, B. (2015). Network analysis of water distribution system in rural areas using EPANET. *Procedia Engineering*, 119, 496-505. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.875>
- Ruiz, A. L. (2019, 16 de septiembre). Grave escasez de agua potable en Salina Cruz. *Voz de Opinión*. <https://deopinion.com.mx/regional/2020/09/salina-cruz-sin-agua-potable/>
- Santiago, A. (2018, 23 de febrero). Se quedará sin agua Salina Cruz, Oaxaca. *El Imparcial Del Istmo*. <http://imparcialoaxaca.mx/istmo/127583/se-quedara-sin-agua-salina-cruz-oaxaca/>
- Santiago, A. (9 de septiembre del 2019a). Salina Cruz sufre por falta de agua potable. *El Imparcial Del Istmo*. <http://imparcialoaxaca.mx/istmo/351831/salina-cruz-sufre-por-falta-de-agua-potable/>
- Santiago, A. (28 de noviembre del 2019b). Enfrentan desabasto de agua en Salina Cruz. *El Imparcial del Istmo*. <http://imparcialoaxaca.mx/istmo/379490/enfrentan-desabasto-de-agua-en-salina-cruz/>
- Santiago Jiménez, L. A. (2023). La gobernanza del agua y los conflictos en América Latina. *InterNaciones*, 10(24), 97-119. <https://internaciones.cucsh.udg.mx/index.php/inter/article/download/7242/6396>

- Simanová, L. (2015). Specific proposal of the application and implementation Six Sigma in selected processes of the furniture manufacturing. *Procedia Economics and Finance*, 34, 268-275. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)01629-9](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01629-9)
- Srinivasan, K., Muthu, S., Prasad, N. K., & Satheesh, G. (2014). Reduction of paint line defects in shock absorber through six sigma DMAIC phases. *Procedia Engineering*, 97, 1755-1764. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.327>
- Steiner, S., Bovas, A., & MacKay, J. (1997). Understanding Process Capability Indices. <http://www.stats.uwaterloo.ca/~shsteine/papers/cap.pdf>
- Tapia Barrita, A. (2020, 16 de noviembre ). Salina Cruz sufre por aguda escasez de agua; acusan apatía de autoridades. *NVI Noticias*. <https://www.nvinoticias.com/nota/166607/salina-cruz-sufre-por-aguda-escasez-de-agua-acusan-apatia-de-autoridades>
- Tapia Barrita, A. (2018, 22 de febrero). Desabasto de agua en Salina Cruz, Oaxaca. *NVI Noticias*. <https://agua.org.mx/desabasto-agua-en-salina-cruz-oaxaca-nvi-noticias/>
- Tello Moreno, L. F. (2006). El acceso al agua potable: un derecho humano. *Revista Del Centro Nacional de Derechos Humanos*, (2), 101-123. <https://revistas-colaboracion.juridicas.unam.mx/index.php/derechos-humanos-cndh/article/view/5525/4872>
- Tirado, C. (2018, 11 de enero). Alud de fugas de agua en el sistema de la red de agua en Salina Cruz, por sismos. *El Piñero, Periodismo y Debate*. <https://www.elpinero.mx/alud-fugas-agua-sistema-la-red-agua-salina-cruz-sismos/>
- Totsuka, N., Trifunovic, N., & Vairavamoorthy, K. (2004). Intermittent urban water supply under water starving situations. *30th WEDC International Conference*, 505-512. <https://core.ac.uk/download/pdf/288365164.pdf>
- UN (2019). Water and Sanitation-United Nations Sustainable Development. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/water-and-sanitation/>
- WHO (2003). The right to water. [https://www2.ohchr.org/english/issues/water/docs/Right\\_to\\_Water.pdf](https://www2.ohchr.org/english/issues/water/docs/Right_to_Water.pdf)



**CIENCIA  
Y TECNOLOGÍA**

---

**SCIENCE AND TECHNOLOGY**



# ANÁLISIS ESTRATÉGICO EN LA GESTIÓN DE UN REACTOR DE INVESTIGACIÓN\*

Rocío del Pilar Solís Pilla <sup>ca\*\*</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-3878-9233>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos,  
Facultad de Ingeniería Industrial, Lima, Perú

Recibido: 12 de enero del 2023 / Aceptado: 13 de febrero del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n44.6187>

**RESUMEN.** Los reactores de investigación juegan un papel fundamental en el desarrollo de las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear. Este aporte incluye su participación en la medicina, industria, ciencia, investigación y educación. Por ello, y con la finalidad de aprovechar al máximo su utilización, se requiere de una planificación estratégica. Para tal fin, se empleó la herramienta FODA como base del análisis estratégico y del planeamiento requerido en la gestión de la utilización de los reactores de investigación, cuyo resultado permite identificar las necesidades de todas las partes interesadas y gestionar el impacto de estas para una oportuna toma de decisiones. El objetivo es garantizar la continuidad del funcionamiento seguro y sostenible del reactor de investigación existente en el marco de potenciales inversiones por modificaciones y ampliaciones en sus instalaciones.

**PALABRAS CLAVE:** reactores nucleares / investigación científica / planificación estratégica / control de gestión

---

\* Este estudio no fue financiado por ninguna entidad.

\*\* Autor corresponsal.

Correos electrónicos en orden de aparición: [rociodelpilar.solis@unmsm.edu.pe](mailto:rociodelpilar.solis@unmsm.edu.pe)

## STRATEGIC ANALYSIS IN RESEARCH REACTOR MANAGEMENT

**ABSTRACT.** Research reactors play a fundamental role in the development of peaceful applications of nuclear energy. This encompasses their contributions to medicine, industry, science, research and education. Strategic planning is therefore required to take full advantage of their use. To this end, the SWOT tool was employed as the basis for the strategic analysis and planning required to manage the utilization of research reactors, the result of which makes it possible to identify the needs of all stakeholders as well as manage their impact in order to make timely decisions with the goal of ensuring the continuity of the existing research reactor's safe and continuous operation in the context of a potential investment in the modification and expansion of its facilities.

**KEYWORDS:** nuclear reactors / research / strategic planning / management control

## 1. INTRODUCCIÓN

Un reactor de investigación es un reactor nuclear destinado esencialmente para la generación de flujos de neutrones y radiación ionizante, los cuales son usados para la investigación y desarrollo de aplicaciones en la industria (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2016). Los reactores de investigación, destinados a la producción de neutrones, son de menor tamaño que los reactores nucleares de potencia, cuya principal función es la de generar electricidad (Mattar & Jawerth, 2019).

De acuerdo con Feruta (2019), los reactores de investigación representan una herramienta significativa para promover la investigación y las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear. Contribuyen, mediante la producción de radiofármacos, al diagnóstico y tratamiento de las enfermedades oncológicas. Además de sus aportes en aplicaciones industriales, agrícolas y químicas, entre otras especialidades. Asimismo, los reactores de investigación son herramientas sofisticadas que se utilizan con fines de investigación aplicados en los campos de la física, radioquímica, análisis por activación, ciencias de los materiales, entre otros (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2014). Debido a la diversidad de aplicaciones que los reactores de investigación proveen a la población mundial, también son denominados como reactores multipropósito; sin embargo, las aplicaciones que se les asignen y para lo que se utilicen dependerá de su diseño y de sus propietarios. Durante las últimas décadas, los reactores de investigación han realizado cuantiosas contribuciones al desarrollo científico y a la investigación. Sus aportes han sido considerados en los ensayos de materiales, producción de radioisótopos para la medicina y la industria, incluso para la educación y capacitación (Dodd et al., 2002).

Dentro de la diversa gama de aplicaciones de los reactores de investigación, se tienen las siguientes:

**Patrimonio cultural.** Para el estudio de los objetos de patrimonio cultural como cerámicos, telares o monumentos, se utilizan diversas combinaciones de metodologías nucleares y atómicas tales como fluorescencia de rayos X y espectroscopía, entre otras. Cada una de ellas puede aplicarse de forma aislada o conjunta con la finalidad de incrementar y profundizar la calidad del análisis requerido (Appoloni, 2018).

**Medioambiente.** Los elementos radiactivos presentes en el ambiente son una herramienta útil para evaluar y comprender los procesos que ocurren en él. La expansión de la agricultura sobre formaciones vegetales naturales ha acelerado los procesos de degradación del suelo en los últimos años; ciertos elementos radiactivos han demostrado ser una herramienta eficaz y asequible para evaluar las tasas de erosión y sedimentación que permitan desarrollar e implementar estrategias de conservación (Esquivel et al., 2021).

**Producción de radioisótopos.** La aplicación más fomentada en la producción de radioisótopos en los reactores de investigación es la ligada a la medicina nuclear, a través de la cual se obtienen los radiofármacos empleados en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades oncológicas. La producción de radioisótopos de aplicación en medicina mediante reactores se basa en dos tipos de reacciones nucleares: captura de neutrones y fisión de elementos pesados (Llordén Alonso, 2021).

**Análisis de materiales.** Los neutrones, al ser elementos ligeros, permiten una mayor sensibilidad de estudio frente a la utilización de rayos X. Debido a ello, ambas técnicas son utilizadas de forma complementaria para obtener un estudio y análisis completo de todos los componentes o elementos que conforman una determinada muestra (Mattar & Jawerth, 2019).

**Generación de nuevos elementos.** La irradiación por neutrones que se da en los reactores de investigación permite la creación de nuevos elementos y materiales. Mattar & Jawerth (2019) señalan como ejemplo la irradiación del silicio con neutrones con la finalidad de modificar su conductividad para ser utilizado como un semiconductor de alta potencia.

De acuerdo con la Base de Datos de Reactores de Investigación, elaborada por el Organismo Internacional de Energía Atómica (2022), actualmente existen 841 instalaciones de reactores de investigación ubicadas en 70 distintos países en el mundo. Hay 222 reactores actualmente operativos; 24 planificados o en construcción y 595 en parada prolongada o permanente, en desmantelación o desmantelados. Adicionalmente, se debe considerar que una gran cantidad de estas instalaciones fueron diseñadas y construidas en las décadas del sesenta y setenta del siglo pasado; por lo que más de la mitad de estos reactores de investigación tienen una antigüedad superior a los 40 años (Mattar & Jawerth, 2019).

En el Perú se cuenta con dos reactores nucleares de investigación: el reactor RP-10, de una potencia térmica de 10 MW y elementos combustibles de siliciuro de uranio, el cual se encuentra actualmente en funcionamiento y está ubicado en el Centro Nuclear Óscar Miró Quesada RACSO, localizado en el distrito de Carabayllo; y el reactor RP-0, de una potencia térmica de 1 W, localizado en el distrito de San Borja, cuya parada prolongada se encuentra en proceso. Cabe precisar que, mientras la finalidad del reactor nuclear RP-0 es la investigación y la enseñanza, la función principal del reactor RP-10 es la producción de radioisótopos, el análisis de elementos y la investigación.

De acuerdo con Peeva (2019), los países se muestran conscientes en maximizar la utilización de sus reactores de investigación existentes, e incluso algunos han iniciado la construcción de nuevas instalaciones nucleares o planificado empezarla. La idea es aplicar la diversidad de usos con los que cuenta este tipo de instalaciones

relacionados a la investigación, la producción de radioisótopos para aplicaciones médicas e industriales, entre otros.

En el caso de nuevos reactores de investigación, la planificación estratégica proporciona una mejor comprensión de las necesidades de las partes interesadas, pues permite definir las especificaciones técnicas del reactor y sus instalaciones auxiliares con el fin de optimizar su uso futuro. Por otro lado, para los reactores de investigación existentes, la planificación estratégica contribuye a la reevaluación de las necesidades de las partes interesadas y su oportuna gestión, de forma tal que garantice la sostenibilidad de sus operaciones y su máximo aprovechamiento.

La planificación estratégica de los reactores de investigación es un proceso clave para garantizar la utilización eficiente y optimizada de los reactores existentes y nuevos (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2017). Los principales motivos para la elaboración de un plan estratégico se rigen para:

- Planificación de un nuevo reactor de investigación.
- Continuidad en el funcionamiento seguro y sostenible de un reactor de investigación existente.
- Inversiones en la modificación y reacondicionamiento de un reactor de investigación existente.

Por lo señalado, resulta esencial desarrollar un plan estratégico detallado que identifique a todas las partes interesadas, cuya gestión permita mantener y optimizar la utilización de los reactores de investigación, a fin de garantizar la sostenibilidad de sus operaciones (Boeck, 2019). Este documento deberá basarse en la planificación estratégica, la cual es un enfoque de gestión adoptado en las compañías actuales pues se considera una práctica de éxito en las instituciones públicas y privadas con resultados positivos para el rendimiento de la organización (George et al., 2019).

En el contexto descrito, un plan estratégico es el documento utilizado para comunicar los objetivos organizacionales y las acciones requeridas para lograr esos objetivos. Se utiliza para garantizar la buena gobernanza de cualquier reactor de investigación, desde los activos críticos más pequeños hasta los reactores nucleares más grandes (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2017). Por lo tanto, un plan estratégico debe proporcionar un marco para la operación continua de los reactores de investigación; así como para el incremento de su utilización y la optimización futura de sus operaciones. Asimismo, se debe tener presente que un reactor de investigación bien gestionado contribuye positivamente a atender las necesidades nacionales de la población y al desarrollo socioeconómico de su país.

Bajo este escenario, para una asertiva toma de decisiones, las organizaciones a cargo de los reactores nucleares deben efectuar un análisis estratégico que permita

identificar a todos los actores involucrados en la utilización de sus instalaciones y en su aplicación en los rubros de la industria, medicina e investigación. Tomemos en cuenta que la planificación estratégica es el proceso de la formulación e implementación de decisiones sobre la dirección futura de una organización (Kerzner, 2019). Se utiliza ampliamente para el análisis en contextos deliberativos que ayuden a los líderes y directivos a abordar con éxito los principales retos a los que se enfrenta su organización (Bryson, 2018).

En relación al análisis estratégico de los reactores nucleares de investigación, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), en el 2017, elaboró el documento titulado “Strategic Planning for Research Reactors”, a fin de que sirva de referencia para sus Estados miembros; así, se recomienda el empleo de la herramienta FODA.

A lo largo de las últimas décadas, han surgido numerosas definiciones de la herramienta FODA que han contribuido a forjar la imagen y la relevancia que este instrumento puede tener en la gestión de una empresa u organización (Pereira et al., 2021). FODA es una herramienta vital para la planificación mediante la cual se identifican las fortalezas (F), debilidades (D), oportunidades (O) y amenazas (A) (Benzaghta et al., 2021), evaluando dichos aspectos como parte de un determinado proyecto (Agyekum et al., 2020).

El análisis FODA es un instrumento crucial para que los gerentes e inversores la utilicen con el fin de desarrollar estrategias sistemáticas para la toma de decisiones. Sus resultados ayudan a las empresas a mejorar sus ventajas, investigar nuevas posibilidades e intentar minimizar o eliminar cualquier riesgo potencial del mercado. La técnica analítica FODA es ampliamente reconocida por los investigadores del sector energético para comprender la situación general de esta industria (Phadermrod et al., 2019).

En ese mismo sentido, el análisis FODA —también conocido como matriz FODA— tiene en consideración tanto actores internos como externos, donde los “aspectos de fortaleza” y los “aspectos de debilidad” están relacionados con los actores o variables internos de la organización. Los “aspectos fuertes” son aquellos que le otorgan ventaja a la compañía sobre sus competidores, y los “débiles” son características inherentes a la organización que suponen una desventaja frente a la competencia. Por otro lado, las “oportunidades” y “amenazas” se encuentran ligadas al entorno de la empresa, toda vez que las primeras son escenarios que pueden ser explotados en beneficio de la organización, mientras que las “amenazas” son aquellas que pueden significar algún tipo de inconveniente o problema para la empresa (Teoli et al., 2019). Por ende, es importante señalar que todos los recursos que están a disposición de la empresa deben permitir impulsar su desempeño mediante sus fortalezas, considerando que la rentabilidad y sus ventajas competitivas pueden verse afectadas por sus debilidades (Uhunamure & Shale, 2021).

En el caso de los reactores de investigación, se utiliza la técnica FODA como metodología de análisis con la finalidad de coadyuvar en la toma de decisiones, tanto en

el caso de nuevas instalaciones de reactores de investigación como en las existentes. En este contexto, se debe considerar que la estrategia seleccionada debe aprovechar los aspectos fuertes de forma conjunta con las oportunidades, gestionar las debilidades a la vez que se establecen acciones para mitigar, evitar o eliminar las amenazas identificadas (Abdel-Basset et al., 2018). Para ello, este análisis no debe ser un proceso aislado, sino formar parte de una evaluación integral, teniendo en cuenta los recursos actuales y futuros de la organización (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2017).

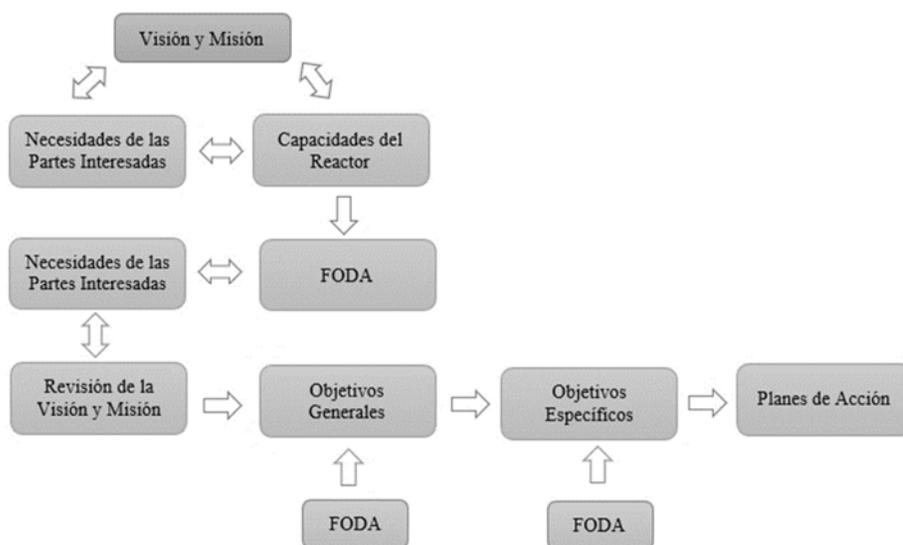
En este contexto, como parte del análisis estratégico de los reactores de investigación, se utiliza la herramienta FODA para la identificación de las partes interesadas involucradas; esta permite gestionar sus necesidades con la finalidad de que la organización opte por la mejor estrategia para garantizar la continuidad del funcionamiento seguro y sostenible del reactor de investigación existente. Esto, con la mira puesta en potenciales inversiones para modificaciones y ampliaciones en sus instalaciones.

## 2. METODOLOGÍA

Para el análisis estratégico del reactor nuclear de investigación, se empleó el documento emitido por el Organismo Internacional de Energía Atómica en el 2017, titulado: "Strategic Planning for Research Reactors" (Figura 1).

**Figura 1**

*Planeamiento estratégico en reactores de investigación*



Nota. Adaptado de "Strategic Planning for Research Reactors" (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2017).

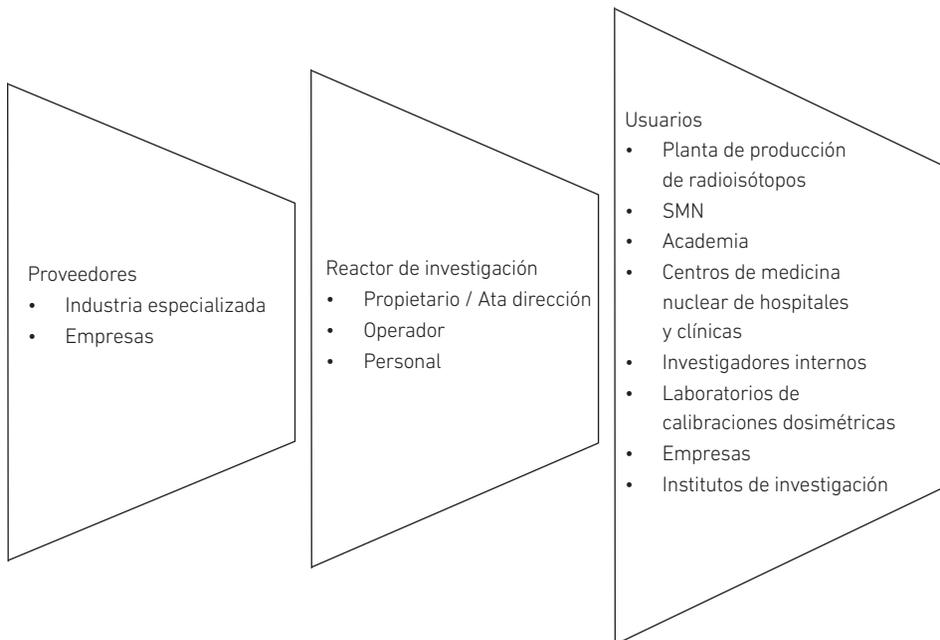
## 2.1 Identificación de partes interesadas

Los grupos de interés o partes interesadas son las personas e instituciones que presentan un interés directo o indirecto o tienen una implicancia en el funcionamiento del reactor, o que pudiesen verse afectados o afectar sus actividades. Como parte de la metodología empleada, se identifican las partes interesadas existentes, las cuales pueden ser internas o externas a la organización.

En la Figura 2, se muestran las partes interesadas identificadas.

**Figura 2**

*Identificación de partes interesadas*



La Tabla 1 presenta una breve descripción del rol de las partes interesadas (internas y externas) intervinientes en el funcionamiento del reactor.

**Tabla 1***Descripción de las partes interesadas*

Categoría de las partes interesadas	Denominación de la parte interesada	Rol esperado
Proveedores		
Industria especializada	Industria nuclear especializada	Suministro de combustible nuclear.
Empresas	Empresas nacionales e internacionales	Suministro de bienes y servicios para la operación y mantenimiento del reactor.
Reactor nuclear de investigación		
Propietario / Alta dirección	Presidencia de la institución	Resolver y tomar decisiones transversales a toda la organización, gestionar los recursos y las operaciones.
Operador	Director de producción	El director de producción es el responsable del funcionamiento y mantenimiento del reactor para el logro de los objetivos establecidos.
Personal	Trabajadores	El personal ejecuta todas las actividades y tareas operativas del reactor.
Usuarios		
Planta de Producción de Radioisótopos	Planta de Producción de Radioisótopos	Los radioisótopos producidos se transfieren a la actual Planta de Producción de Radioisótopos (PPR), donde se procesan y se envían los radiofármacos a los centros de medicina nuclear.
SMN	Sociedad de Medicina Nuclear	Promover y sensibilizar al público sobre los beneficios de la medicina nuclear.
Academia	Universidades	Establecer convenios, realizar cursos de formación y desarrollar proyectos de investigación.
Centros de medicina nuclear de hospitales y clínicas	Centros de medicina nuclear (usuarios indirectos)	Transferir información que permita enlazar los productos y servicios del reactor con los requerimientos médicos.
Institución	Investigadores internos	Evaluar los parámetros de diseño y funcionamiento del reactor. Estudiar la conformación y comportamiento de los elementos mediante la irradiación de muestras.
Institución	Laboratorio de Calibraciones Dosimétricas	Utilización de radioisótopos dentro del proceso de calibración de monitores de radiación.
Industria	Empresas nacionales e internacionales	Uso de radioisótopos en la industria metalúrgica para controles de calidad de uniones soldadas y radios trazadores en la industria agrícola e hidrocarburos.
Institutos de investigación	Institutos de investigación	Desarrollar proyectos de investigación para optimizar los procesos, servicios y productos del reactor.

*(continúa)*

(continuación)

Categoría de las partes interesadas	Denominación de la parte interesada	Rol esperado
Sociedad civil		
Sociedad civil	Población cercana al centro nuclear	La población cercana o en los alrededores del centro nuclear representa un potencial riesgo de conflicto o resistencia al funcionamiento del reactor.
Ente regulador, entidades gubernamentales y organizaciones nucleares internacionales		
Ente regulador	Autoridad regulatoria	Establecer normas y regulaciones de seguridad nuclear. Vigilar e inspeccionar su cumplimiento en la protección de las personas, medioambiente e instalaciones.
Gobierno	Ministerios de Energía y Minas, Salud y Economía	Proporcionar el apoyo y respaldo técnico, económico y político requerido para el funcionamiento sostenible del reactor.
Organismos internacionales	Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)	Apoyar al país y al reactor en la realización de programas de cooperación técnica en temas de seguridad nuclear, salvaguarda y protección radiológica. Además, llevar a cabo misiones de expertos internacionales en tópicos que guarden relación directa con los reactores de investigación. Promover los beneficios en las aplicaciones de la energía nuclear y su utilización en la medicina.

## 2.2 Identificación de las necesidades de las partes interesadas

La Tabla 2 presenta las necesidades (actuales, existentes y futuras) y los requerimientos de las partes interesadas; además, incluye la clasificación del poder y el interés (alto o bajo) que la parte interesada tiene sobre el reactor y la necesidad que esto conlleva.

**Tabla 2**

*Necesidades de las partes interesadas*

Categorías de las partes interesadas	Denominación de la parte interesada	Requerimientos y necesidades	Poder	Interés
Proveedores				
Industria especializada	Industria nuclear especializada	Actual: Combustible nuclear suministrado por proveedor extranjero	Alto	Bajo
Categorías de las partes interesadas	Denominación de la parte interesada	Requerimientos y necesidades	Poder	Interés

(continúa)

(continuación)

Empresas	Empresas nacionales e internacionales	Actual: Industria nacional que suministra los bienes y servicios para sostener el mantenimiento y operación del reactor.	Bajo	Bajo
Reactor nuclear de investigación				
Propietario / Alta dirección	Presidencia de la institución	Actual: Ingresos por productos y servicios del reactor aportan al presupuesto institucional anual. Irradiación para la producción de radioisótopos se efectúa 2 días/semana.  Futura: Irradiación para la producción de radioisótopos se efectúa de forma mínima cuatro días por semana. Diversificación en la producción de radioisótopos.	Alto	Alto
Operador	Director de producción	Actual: Capacidad operativa utilizada de la instalación menor al 20 %. Futura: Capacidad operativa utilizada de la instalación debe ser mayor al 90 %.	Alto	Alto
Personal	Trabajadores	Actual: El 100 % del personal operador del reactor cuenta con licencia individual. Personal de mantenimiento no posee licencia individual. Futura: Establecimiento de un plan de carrera. El 100 % del personal que mantiene el reactor cuenta con licencia individual.	Alto	Alto

(continúa)

(continuación)

Categorías de las partes interesadas	Denominación de la parte interesada	Requerimientos y necesidades	Poder	Interés
Usuarios				
Planta de Producción de Radioisótopos	Planta de Producción de Radioisótopos	Actual: Radioisótopos para la manufactura de Tc-99 m y I-131. Futura: Definir un proyecto para el aumento de la capacidad de procesamiento en un plazo no mayor a dos años. Aumento de la producción y procesamiento de radioisótopos en un 150 %.	Alto	Alto
SMN	Sociedad de Medicina Nuclear	Futura: Conformar equipos de trabajo para el desarrollo de nuevos radiofármacos.	Bajo	Alto
Academia	Universidades	Actual: Dictado de la maestría en Ciencias en Energía Nuclear. Futura: Curso anual, especialización o diplomado de formación en física nuclear, protección radiológica y radiofarmacia para un mínimo de 25 alumnos. Presentación de proyectos de investigación relacionados a la diversificación de los servicios y productos del reactor.	Bajo	Alto
Centros de medicina nuclear de hospitales y clínicas	Centros de medicina nuclear (usuarios indirectos)	Futura: Diversificación de radiofármacos. Aumentar en un 20 % los radiodiagnósticos médicos.	Bajo	Alto

(continúa)

*(continuación)*

Categorías de las partes interesadas	Denominación de la parte interesada	Requerimientos y necesidades	Poder	Interés
Institución	Investigadores internos	Actual: Operación del reactor en baja y alta potencia para evaluar sus parámetros de diseño y funcionamiento. Operación del reactor para irradiación de muestras que permita estudiar la conformación y el comportamiento de sus elementos. Futura: 200 h/año de las instalaciones para irradiación por estudio de muestras aplicables en patrimonio, agricultura e hidrografía.	Alto	Alto
Institución	Laboratorio de Calibraciones Dosimétricas	Actual: Utilización de radioisótopos en sus procesos de calibración de monitores de radiación. Futura: Diversificación de radioisótopos.	Bajo	Alto
Industria	Empresas nacionales e internacionales	Actual: Utilización de radioisótopos para controles de calidad de uniones soldadas, y de radio trazadores en la industria de hidrocarburos. Futura: Diversificación de radioisótopos.	Alto	Alto
Institutos de investigación	Institutos de investigación	Futura: 100 h/año de las instalaciones para experiencias en proyectos e investigación.	Bajo	Alto

*(continúa)*

(continuación)

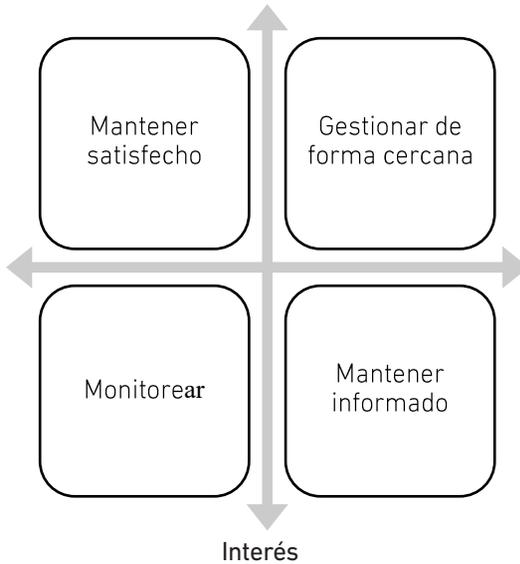
Categorías de las partes interesadas	Denominación de la parte interesada	Requerimientos y necesidades	Poder	Interés
Sociedad civil				
Sociedad civil	Población cercana al Centro Nuclear	Actual: Divulgación en redes sociales: información sobre los múltiples beneficios (económicos y sociales) del reactor. Visitas guiadas a las instalaciones. Futura: Realizar encuestas de percepción en la población cercana.	Bajo	Alto
Ente regulador, entidades gubernamentales y organizaciones nucleares internacionales				
Ente regulador	Autoridad regulatoria	Actual: Renovación de la licencia de operación. Requisitos sobre el programa de envejecimiento del reactor. Cumplimiento de los límites y condiciones operacionales, y auditorías de salvaguardas.	Alto	Alto
Gobierno	Ministerios de Energía y Minas, Salud y Economía	Actual: Limitación en la asignación del presupuesto gubernamental para cubrir los costos de operación. Suministro garantizado de Tc-99m y I-131 al mercado nacional.	Alto	Alto
Organismos internacionales	Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)	Actual: Participar en al menos un 85 % de los eventos del OIEA como cursos y reuniones técnicas en seguridad nuclear, salvaguarda, protección radiológica y en tópicos que guarden relación directa con los reactores de investigación.	Alto	Alto

### 2.3 Análisis de las necesidades

Según la clasificación del poder y el interés de las partes interesadas, se tendrán en cuenta diferentes estrategias para responder a las necesidades identificadas acorde con la Figura 3.

**Figura 3**

*Análisis de las necesidades*



*Nota.* Adaptado de "Stakeholder Analysis" (Mind Tools Content Team, 2022)

Tras el análisis respectivo, se efectuó la evaluación de los requisitos y necesidades con los criterios "poder" e "interés". En base a ello, se identificó que nueve requerimientos y necesidades de las partes interesadas deben tener una atención especial y ser gestionados de cerca. Estos están relacionados a las siguientes partes interesadas: el propietario / alta dirección, el operador, el personal, Planta de Producción de Radioisótopos, investigadores internos, industria, ente regulador, el gobierno y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Por otro lado, cinco requerimientos y necesidades de las partes interesadas se clasificaron como "mantener informado", uno se clasificó como "mantener satisfecho" y otro se identificó como "monitorear", pudiendo clasificarse como "no crítico".

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Análisis FODA: fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas

Se realizó un análisis estratégico de los factores externos e internos que pueden influir tanto positiva como negativamente en el cumplimiento de los objetivos del reactor. El análisis consiste en analizar el contexto externo identificando oportunidades y amenazas, y el contexto interno, también identificando fortalezas y debilidades.

Se asume como factor interno todo hecho, acción o consideración que tenga lugar dentro de las responsabilidades del director de producción y sus descendientes jerárquicos. El campo de los factores externos está definido por todo aquello que excede la definición de lo anterior. Los factores considerados se detallan en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Factores internos y externos*

Factores internos	Factores externos
<ul style="list-style-type: none"> <li>Recursos humanos</li> <li>Infraestructura del reactor</li> <li>Aspecto financiero</li> <li>Actividades y procesos</li> <li>Experiencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mercado y tendencias</li> <li>Escenario nacional y mundial</li> <li>Financiamiento</li> <li>Legislación</li> <li>Medioambiente</li> <li>Política</li> </ul>

#### 3.2 Identificación de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas

A partir de la información del análisis interno y externo realizado, se clasificaron en fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que conformaron la matriz FODA.

**Tabla 4**

*Factores internos y externos*

Fortalezas	Debilidades
F1 Personal calificado.	D1 Insuficiente asignación de recursos humanos.
F2 Apoyo institucional en la gestión del reactor.	D2 Insuficiente desarrollo comercial y de marketing.
F3 Demanda nacional de radioisótopos asegurada.	D3 Dependencia del presupuesto gubernamental para financiar la operación del reactor.
F4 Operación segura del reactor.	D4 Equilibrio presupuestario dependiente de las ventas de Tc-99, m y I-131.
F5 Personal investigador al interior de la organización	D5 Personal en edad de jubilación

(continúa)

(continuación)

	Oportunidades	Amenazas
01	Disminución en la oferta mundial de radioisótopos.	A1 Tecnologías emergentes que podrían sustituir a los radioisótopos.
02	Aumento de la demanda internacional de radioisótopos.	A2 Nuevos competidores directos.
03	Mayor demanda local de radioisótopos.	A3 Incertidumbre sobre la disponibilidad del presupuesto gubernamental para la operación del reactor.
04	Proyecto de construcción de una nueva Planta de Producción de Radioisótopos.	A4 Limitación en la capacidad de procesamiento de la Planta de Producción de Radioisótopos existente.
05	Diversidad de usuarios por los productos y servicios del reactor.	

### 3.3 Aspectos básicos del FODA

#### Fortalezas

- **Personal calificado.** El personal perteneciente al departamento de operación y a la organización participó, en su mayoría, en el proyecto de construcción y puesta en marcha del reactor de investigación con un amplio conocimiento de la instalación y su conformación. Así, se cuenta con personal especialista con más de veinte y treinta años de experiencia en el sector nuclear y, específicamente, en el funcionamiento de reactores de investigación.

Adicionalmente, es importante señalar que el personal operador cuenta con licencias individuales acorde con los lineamientos establecidos por la Autoridad Regulatoria Nuclear.

- **Apoyo institucional en la gestión del reactor nuclear de investigación.** La organización ha sido responsable de la operación y utilización del reactor de investigación por muchos años. Esto le ha permitido obtener una amplia experiencia en la gestión de este tipo de instalaciones, pues cuenta con el conocimiento necesario para brindar sostenibilidad al funcionamiento del reactor y a la atención oportuna de sus requerimientos.
- **Demanda nacional de radioisótopos asegurada.** Considerando que el reactor nuclear de investigación representa al único productor de radioisótopos en el país, se tiene una demanda nacional garantizada por los diversos sectores productivos e industriales. En este mismo escenario, se debe tener presente que el reactor de investigación es el único proveedor de la Planta de Producción

de Radioisótopos; por lo cual, los productos, obtenidos a través de sus procesos de irradiación, cuentan con un usuario asegurado.

- **Operación segura del reactor.** La operación del reactor se realiza cumpliendo los lineamientos señalados en la licencia de operación otorgada por la Autoridad Regulatoria Nuclear, así como según lo establecido en los límites y condiciones que complementan dicho documento. Asimismo, se efectúan tareas de inspección y pruebas a los equipos y sistemas que conforman el reactor. Estas representan actividades preliminares a su operación con la finalidad de minimizar y eliminar cualquier potencial eventualidad que pudiera surgir durante su funcionamiento. Adicionalmente, se lleva a cabo la supervisión constante de sus operaciones garantizando la seguridad nuclear y fiabilidad operativa.
- **Personal investigador al interior de la organización.** Se identificaron investigadores en las diferentes áreas y en los laboratorios con los que cuenta la organización. Este personal es poseedor de la calificación y experiencia para llevar a cabo ensayos, análisis e investigaciones mediante el uso de técnicas nucleares aplicables en los diferentes ámbitos de la industria.

#### *Oportunidades*

- **Disminución en la oferta mundial de radioisótopos.** Se debe considerar que el mercado de los radioisótopos cuenta con una demanda permanente de sus productos, utilizados en los diversos sectores productivos. De ese modo, las paradas temporales, prolongadas o permanentes de otros reactores de investigación en el mundo, por temas operativos y de mantenimiento, representan oportunidades significativas para la identificación y obtención de nuevos usuarios.
- **Aumento de la demanda internacional de radioisótopos.** Se tiene en cuenta que el radiofármaco pertechnetato de sodio (Tc-99m) es el principal insumo, a nivel mundial, utilizado en la evaluación médica por imágenes. Este permite a los especialistas médicos establecer un diagnóstico certero de los pacientes. En este contexto, en el sector de la medicina nuclear, existe una tendencia creciente en la demanda de este fármaco a nivel internacional, así como de su precursor radiactivo: molibdeno 99 (Mo99).
- **Mayor demanda local de radioisótopos.** Se espera que el Gobierno nacional incluya en su cartera de proyectos el referido al aumento de la capacidad productiva de la Planta de Producción de Radioisótopos; con lo que se estima que, en un periodo de 8 a 10 años, la nueva planta requiera del 100 % de la capacidad operativa del reactor de investigación. A este escenario, se añan

las proyecciones de contar con un mayor número de centros de medicina nuclear en el país.

- **Proyecto de construcción de una nueva Planta de Producción de Radioisótopos.** Se considera que el Gobierno nacional evalúe y planifique la ampliación de la capacidad de procesamiento de la Planta de Producción de Radioisótopos. La idea es que el diseño de esta nueva instalación se encuentre en función de la capacidad de producción de radioisótopos del reactor de investigación.
- **Diversidad de usuarios por los productos y servicios del reactor.** Se requiere determinar los mecanismos que permitan diversificar e incrementar los usuarios que hacen uso de los productos y servicios del reactor nuclear existente. Debe tomarse en consideración la capacidad productiva de diferentes radioisótopos y sus aplicaciones en distintos rubros industriales.

#### *Debilidades*

- **Insuficiente asignación de recursos humanos.** A fin de dar cumplimiento a los planes operativos de la organización, se requiere de recursos humanos especializados en cantidad suficiente en cada una de las áreas intervinientes en la operación del reactor de investigación. Sin embargo, se cuenta con un presupuesto limitado para tal fin, lo que supone una asignación insuficiente de personal para las actividades planificadas.
- **Insuficiente desarrollo comercial y de marketing.** La organización no cuenta con un área o departamento que gestione la diversificación de los productos y servicios que ofrece el reactor de investigación, en atención a las necesidades existentes y futuras de los usuarios. Este escenario significa no tener la posibilidad de ampliar la cantidad de los productos y servicios ofertados a nivel comercial ni aumentar la cantidad de usuarios o expandir la utilización del reactor a otros sectores industriales.
- **Dependencia del presupuesto gubernamental para financiar la operación.** El reactor nuclear de investigación pertenece a una entidad pública, la cual se encuentra a cargo de sus operaciones y utilización; por lo que el presupuesto requerido para la adquisición y contratación de los recursos que brinden sostenibilidad al funcionamiento y mantenimiento de esta instalación depende del financiamiento gubernamental. Bajo este escenario, no existe certeza en contar con todos los recursos económicos necesarios para la operación del reactor de investigación.
- **Equilibrio presupuestario dependiente de las ventas de Tc-99 m y I-131.** En el actual escenario, el reactor nuclear de investigación pertenece a una

entidad pública; por ello, su presupuesto se encuentra supeditado al financiamiento gubernamental disponible, el cual es impreciso de definir o resulta insuficiente. En este contexto, la organización cuenta con recursos financieros propios, obtenidos de la comercialización de los radiofármacos: pertecnetato de sodio (Tc-99 m) y yoduro de sodio (I-131); estos ingresos le permiten obtener un balance presupuestario para la adquisición y contratación de los recursos necesarios para la operación de sus instalaciones.

- **Personal en edad de jubilación.** Se tiene presente que una cantidad significativa del personal del departamento de operación y en la organización se encuentra cercano a la edad de retiro (jubilación); este escenario responde a que este mismo personal forma parte de la compañía desde antes de la puesta en marcha del reactor nuclear de investigación.

#### *Amenazas*

- **Tecnologías emergentes que podrían sustituir a los radioisótopos.** Se consideran las potenciales tecnologías en investigación y desarrollo para el diagnóstico y tratamiento médico que no requieren del uso de radioisótopos para el cumplimiento de sus fines. De concretarse la implementación y utilización de estas tecnologías alternativas, estas desplazarían la demanda de los radiofármacos en el mercado de la medicina nuclear.
- **Nuevos competidores directos.** Contempla la presencia e implementación de planes o proyectos comerciales cuyo público y mercado objetivo estén incluidos en los actuales sectores de aplicación del reactor nuclear de investigación. Esto podría ocasionar un potencial acaparamiento de usuarios y clientes de la organización.
- **Incertidumbre sobre la disponibilidad del presupuesto gubernamental para la operación del reactor.** La sostenibilidad de las operaciones del reactor de investigación depende del financiamiento gubernamental; por ello, se deben considerar los escenarios políticos y económicos que nos permitan conocer, de forma precisa, la disponibilidad del presupuesto que será asignado por el Gobierno nacional a la entidad a cargo del reactor. Permitirá ver si el presupuesto resultará suficiente para llevar a cabo las actividades de operación y mantenimiento requeridas en la instalación.
- **Limitación de la capacidad de procesamiento de la Planta de Producción de Radioisótopos existente.** La actual Planta de Producción de Radioisótopos cuenta con una capacidad de procesamiento que no se encuentra a la par con la capacidad productiva del reactor; representa una limitación para el funcionamiento y utilización del reactor de investigación, toda vez que este debe

operar para la obtención de radioisótopos, acorde con la menor capacidad de la planta de producción.

### 3.4 Matriz análisis FODA

Con las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas identificadas, se realiza un análisis cruzado de los factores internos y externos, como figura en la Tabla 5. De este modo, se identifican las conclusiones obtenidas de las relaciones entre los factores.

Cada conclusión es valorada de acuerdo con su importancia e impacto, y solo se consideran las de mayor valor. Para ello, se asignan tres (03) puntos al de prioridad más alta, dos (02) puntos al siguiente, un (01) punto al tercer más alto y, finalmente, cero en caso de que la opción no sea viable.

**Tabla 5**

*Matriz de análisis*

Matriz FODA		Oportunidades					Amenazas			
		O1	O2	O3	O4	O5	A1	A2	A3	A4
Fortalezas	F1	1	2	1	2	3	1	1	1	1
	F2	1	3	2	3	3	2	2	3	3
	F3	1	1	1	3	2	1	1	1	1
	F4	1	2	3	3	3	1	1	2	2
	F5	1	2	1	2	3	2	1	2	1
Debilidades	D1	1	2	3	3	3	1	1	1	1
	D2	2	2	3	3	3	2	3	2	2
	D3	1	2	2	3	1	1	1	2	3
	D4	3	1	1	2	1	2	2	2	3
	D5	1	2	3	2	3	1	1	2	2

Las principales conclusiones obtenidas del análisis FODA son:

*Análisis fortalezas-oportunidades (estrategia ofensiva):*

- Establecer contacto con el Gobierno nacional a través de la institución para impulsar el proyecto de la nueva Planta de Producción de Radioisótopos.
- Evaluar la posibilidad de exportar el exceso de oferta de radioisótopos, teniendo presente que hasta contar con la ampliación de la capacidad de procesamiento de la Planta de Producción de Radioisótopos se tendría una capacidad operativa ociosa en el reactor de investigación.

*Análisis debilidades-oportunidades (estrategia de confrontación):*

- Elaborar e implementar un plan de recursos humanos que permita renovar, de forma oportuna, al personal que se encuentra próximo a la jubilación.

*Análisis fortalezas-amenazas (estrategia de fortalecimiento):*

- Establecer una red de contactos, a través de la institución, con otras organizaciones a nivel internacional que se encuentren a cargo de reactores de investigación.

*Análisis debilidades-amenazas (estrategia de defensa):*

- Establecer un plan de comercialización y marketing que garantice las ventas de los radiofármacos Tc-99 m y I-131.
- El plan de comercialización y marketing incluye establecer contactos con potenciales clientes y usuarios.

En la Tabla 6, se toma cada conclusión para analizar y obtener posibles acciones estratégicas clasificadas en cuatro categorías.

**Tabla 6**

*Factores internos y externos*

Conclusión FODA	Acciones			
	Se puede hacer	Podría ser hecha	No se puede hacer	No se desea hacer
Fortalezas-oportunidades				
Impulsar el proyecto de una nueva planta de producción de radioisótopos	Compartir el expediente técnico económico del proyecto con el Gobierno nacional	Establecer contacto con las partes interesadas relacionadas	Asignar recursos económicos adicionales	Asumir la gestión del proyecto de la nueva planta de producción de radioisótopos
Evaluar la posibilidad de exportar el exceso de oferta de radioisótopos	Realizar un estudio de mercado para analizar la viabilidad económica de la exportación	Contratar un máximo de dos personas para efectuar el estudio de mercado	Dejar sin suministro el mercado nacional de Tc-99 m y I-131	Modificar las instalaciones del reactor de investigación

*(continúa)*

(continuación)

Conclusión FODA	Acciones			
	Se puede hacer	Podría ser hecha	No se puede hacer	No se desea hacer
Debilidades-oportunidades				
Elaborar e implementar un plan de recursos humanos para renovar el personal próximo a la jubilación	Coordinar con la unidad de recursos humanos para la asignación de un responsable	Asignar a un personal responsable por parte del reactor para el trabajo en conjunto	Contratar a personal externo	Generar inconvenientes o conflictos con el sindicato
Fortalezas-amenazas				
Establecer una red de contactos con otras organizaciones a nivel internacional a cargo de reactores de investigación	Proponer un proyecto de cooperación técnica al Organismo Internacional de Energía Atómica	Reuniones con la dirección de otros reactores de investigación	Enviar personal a otros reactores de investigación con recursos económicos propios	No tomar en cuenta lecciones aprendidas en la gestión de otros reactores similares
Debilidades-amenazas				
Establecer un plan de comercialización y márketing que garantice las ventas de los radiofármacos Tc-99 m y I-131	Establecer contactos con potenciales usuarios e interesados	Firmar contratos y órdenes de compra que garanticen un vínculo comercial	Contratar una consultoría externa con recursos económicos propios	Modificar las instalaciones del reactor de investigación

Con la información obtenida en la Matriz FODA, se procede a evaluar su pertinencia, acorde con la Tabla 7, donde el símbolo “+” indica el grado de disponibilidad favorable para el tópico en evaluación.

**Tabla 7***Matriz de interacción*

	Conclusión del FODA	Operador	Partes interesadas	Márketing	Finanzas	Licencia de operación	Debería ser realizado
Se puede hacer	Compartir el expediente técnico económico del proyecto con el Gobierno nacional (por la nueva planta de producción de radioisótopos)	+++	+++	+++	+++	+++	+++
	Realizar un estudio de mercado para analizar la viabilidad económica de la exportación del exceso de oferta de radioisótopos	+++	++	++	+	+++	++
	Coordinar con la unidad de recursos humanos para la asignación de un responsable (por la elaboración de un plan de recursos humanos para renovar el personal próximo a la jubilación)	+++	+++	++	++	+++	+++
	Proponer un proyecto de cooperación técnica al Organismo Internacional de Energía Atómica (para establecer una red de contactos)	+++	+++	+++	++	++	+++
	Establecer contactos con nuevas partes interesadas (para un plan de comercialización y márketing)	++	+++	+++	+++	+	+++

De los resultados obtenidos, se tiene que los planes de acción que deberían ser incluidos en la planificación estratégica de un reactor de investigación están relacionados con:

- Compartir el expediente técnico económico del proyecto con el Gobierno nacional para impulsar el proyecto de una nueva planta de producción de radioisótopos.
- Coordinar con la unidad de recursos humanos para la asignación de un responsable de elaborar e implementar un plan de recursos humanos para renovar el personal próximo a la jubilación.
- Elaborar un plan de comercialización y marketing que establezca contactos con potenciales clientes y usuarios para la diversificación de los productos y servicios que ofrece el reactor de investigación, en atención a sus necesidades existentes y futuras.
- Elaborar y proponer un proyecto de cooperación técnica al Organismo Internacional de Energía Atómica para establecer una red de contactos con otras organizaciones, a nivel internacional, a cargo de las operaciones de reactores de investigación.

#### **4. DISCUSIÓN**

La metodología utilizada contribuye en resultados, acorde con los lineamientos establecidos por el Organismo Internacional de Energía Atómica (2017), el cual establece que el análisis y planeamiento estratégico es un proceso clave para asegurar una utilización eficiente y optimizada de los reactores nucleares de investigación.

La gestión estratégica ayuda a las organizaciones públicas y otras entidades a alcanzar objetivos importantes y crear valor público (Bryson & George, 2020); por ello, el análisis estratégico de los reactores de investigación es de suma importancia, con miras a una oportuna toma de decisiones en cuanto a los directivos e inversionistas, dado que permite contar con una visión en las operaciones y utilización de este tipo de reactores, según los recursos disponibles y futuros de la organización.

Considerando el estado situacional de los reactores de investigación y que más del 70 % de los que se encuentran en funcionamiento llevan operando por más de 30 años (Piwowarski, 2020), es de vital importancia contar con un plan de capacidades del recurso humano que permita su renovación con la finalidad de garantizar la sostenibilidad de las operaciones. Esta renovación debe efectuarse de forma oportuna a fin de asegurar la transferencia de conocimiento y experiencia del personal próximo a jubilarse.

Existe una demanda creciente por el uso de radiofármacos (compuestos que contienen fármacos y radioisótopos utilizados para la obtención de diagnóstico por

imágenes y el tratamiento de neoplasias), lo que genera un aumento significativo de la demanda de este tipo de productos en los centros de medicina nuclear en todo el mundo. Considerando que la mayor parte de la producción a gran escala de los radioisótopos necesarios para los radiofármacos se lleva a cabo en reactores de investigación (Kastanya, 2022), las proyecciones en la utilización de estas instalaciones deben ir de la mano con la planta de producción de radioisótopos; sabiendo que el radionúclido obtenido en las instalaciones del reactor debe ser procesado en la planta correspondiente al sector a atender: medicina nuclear o industria. Por lo cual, es esencial que informe del análisis financiero del reactor y el caso de negocio sea compartido con el Gobierno o con fondos de inversión, a fin de que el plan estratégico involucre toda la cadena productiva.

## 5. CONCLUSIONES

La herramienta FODA, con sus cuatro dimensiones, permite obtener una real dimensión de las partes interesadas intervinientes en una gestión logrando que la institución a cargo pueda tomar decisiones oportunas.

Es conveniente que el planeamiento estratégico de los reactores de investigación se realice de forma previa al inicio de sus operaciones, de forma tal que permita contar con el marco para el aprovechamiento máximo de sus instalaciones y la programación óptima de su funcionamiento, y así cumplir con su misión y objetivos estratégicos. Adicionalmente, este planeamiento también debe desarrollarse cuando se consideren inversiones para la modificación y reacondicionamiento de un reactor de investigación existente.

La planificación estratégica es un proceso clave para garantizar la utilización eficiente y optimizada de los reactores de investigación; así como asegurar la continuidad en el funcionamiento seguro y sostenible de un reactor de investigación existente. Por ello, el análisis estratégico propuesto sobre un reactor nuclear de investigación existente es el *input* principal frente a su planificación estratégica. Forma parte esencial de un plan estratégico de utilización de estas instalaciones.

El presente trabajo resulta como referencia en la gestión de los reactores de investigación en todo el mundo, con especial énfasis en los reactores nucleares de investigación de América Latina, con los cuales comparten similares factores socioculturales.

Del análisis FODA realizado, se evidencia que una de las principales fortalezas detectadas en la instalación es contar con personal altamente calificado y con una vasta experiencia en el sector nuclear. Este escenario le permite a la institución llevar a cabo una gestión del conocimiento que garantice la sostenibilidad de las operaciones del reactor, a largo plazo, mediante la identificación, captura y transferencia del conocimiento nuclear crítico.

La construcción de una nueva planta de producción de radioisótopos debe ser evaluada y considerada como una excelente oportunidad para disponer de una ubicación geográfica estratégica para la comercialización de los productos que allí se manufacturen. Además, permitiría incrementar su capacidad de procesamiento acorde con la capacidad de producción de radioisótopos del reactor de investigación.

El análisis FODA llevado a cabo demuestra la necesidad de contar con un área o departamento específico que gestione la diversificación de los productos y servicios que ofrece o podría ofrecer el reactor de investigación. Esto permitiría ampliar la cantidad de productos y servicios ofertados a nivel comercial e incrementar la cantidad de usuarios.

Resulta fundamental que la organización gestione la diversificación de los productos y servicios que ofrece el reactor de investigación existente, en atención a las necesidades actuales y futuras de los usuarios, con la finalidad de asegurar la sostenibilidad de sus operaciones. Asimismo, ello permitirá ampliar la cantidad de usuarios a través de la expansión en la utilización del reactor a otros sectores de investigación e industriales.

## REFERENCIAS

- Abdel-Basset, M., Mohamed, M., & Smarandache, F. (2018). An extension of neutrosophic AHP–SWOT Analysis for Strategic Planning and Decision-Making. *Symmetry*, 10(4), 116. <https://doi.org/10.3390/sym10040116>
- Agyekum, E., Sanka, M., & Afornu, K. (2020). Nuclear energy for sustainable development: SWOT analysis on Ghana's nuclear agenda. *Energy Reports*, 6, 107-115. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.11.163>
- Appoloni, C. (2018). Estudos em arqueometria e arte por metodologias nuclear-atômico-moleculares não destrutivas no laboratório de física nuclear aplicada da Universidade Estadual de Londrina. *Cadernos do Lepaarq*, 15(30), 219-228. <https://doi.org/10.15210/lepaarq.v15i30.13011>
- Benzaghta, M., Elwalda, A., Mousa, M., Erkan, I., & Rahman, M. (2021). SWOT analysis applications: An integrative literature review. *Journal of Global Business Insights*, 6(1), 55-73. DOI: 10.5038/2640-6489.6.1.1148
- Boeck, H. (2019). Mantener la sostenibilidad de los reactores de investigación. *IAEA Bulletin*, 60(4), 34-35. <https://www.iaea.org/es/bulletin/mantener-la-sostenibilidad-de-los-reactores-de-investigacion>
- Bryson, J. (2018). *Strategic Management for Public and Nonprofit Organizations*. New Jersey: Wiley.

- Bryson, J., & George, B. (2020). *Strategic Management in Public Administration*. [https://www.researchgate.net/publication/337472823\\_Strategic\\_Management\\_in\\_Public\\_Administration](https://www.researchgate.net/publication/337472823_Strategic_Management_in_Public_Administration)
- Dodd, B., Dolan, T., Laraia, M., & Ritchie, I. (2002). Perspectives on research reactor utilization. *Physica B: Condensed Matter*, 311(1-2), 50 - 55. [https://www.researchgate.net/publication/222230474\\_Perspectives\\_on\\_research\\_reactor\\_utilization](https://www.researchgate.net/publication/222230474_Perspectives_on_research_reactor_utilization)
- Esquivel, A., Kodama, Y., Villarreal, J., Juri Ayub, J., González, G., & Tejedor-Flores, N. (2021). *Técnicas nucleares y su versatilidad para la utilización y estudio de diversos procesos*. Panamá: XVIII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología. <https://doi.org/10.33412/apanac.2021.3080>
- Feruta, C. (2019). Aprovechar la potencia de los reactores de investigación. *IAEA Bulletin: Los reactores de investigación*, 60(4), 1. <https://www.iaea.org/es/bulletin/reactores-de-investigacion/aprovechar-potencia-cornel-feruta>
- George, B., Walker, R., & Monster, J. (2019). Does strategic planning improve organizational performance? A meta-analysis. *Public Administration Review*, 79(6), 810-819. <https://doi.org/10.1111/puar.13104>
- Kastanya, D. (2022). On the use of average power in predicting radioisotope productions. *Annals of Nuclear Energy*, 165. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2021.108648>
- Kerzner, H. (2019). *Using the project management maturity model: strategic planning for project management*. New Jersey. <https://www.perlego.com/book/993128/using-the-project-management-maturity-model-strategic-planning-for-project-management-pdf>
- Llordén Alonso, M. (2021). *Aplicaciones de los radioisótopos en medicina*. España. [http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Mllorden/Llorden\\_Alonso\\_Marta\\_Maria\\_TFM.pdf](http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Mllorden/Llorden_Alonso_Marta_Maria_TFM.pdf)
- Mattar, E., & Jawerth, N. (2019). Los reactores de investigación y su uso. *IAEA Bulletin: Los reactores de investigación*, 60(4), 4-5. <https://www.iaea.org/es/bulletin/reactores-de-investigacion/usos-de-los-reactores-de-investigacion>
- Mind Tools Content Team. (2022). *Stakeholder analysis*. Obtenido de Mind Tools: <https://www.mindtools.com/aol0rms/stakeholder-analysis>
- Organismo Internacional de Energía Atómica. (2014). *Applications of research reactors, IAEA nuclear energy series N.º NP-T-5.3*. Viena. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1627\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1627_web.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica. (2016). *Safety of research reactors, IAEA Safety standards series N.º SSR-3*. Viena. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P1751\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P1751_web.pdf)

- Organismo Internacional de Energía Atómica. (2017). *Strategic planning for research reactors, IAEA nuclear energy series N.º NG-T-3.16*. Viena. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te\\_1212\\_prn.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1212_prn.pdf)
- Organismo Internacional de Energía Atómica. (2022). *Research Reactor Database*. Recuperado de <https://nucleus.iaea.org/rrdb/#/home>
- Peeva, A. (2019). El aprovechamiento estratégico de los reactores de investigación. *IAEA Bulletin: Los reactores de investigación*, 60(4), 20-21. <https://www.iaea.org/es/bulletin/el-aprovechamiento-estrategico-de-los-reactores-de-investigacion>
- Pereira, L., Pinto, M., Lopes da Costa, R., Dias, Á., & Gonçalves, R. (2021). The new SWOT for a sustainable world. *Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(1), 1-31. <https://doi.org/10.3390/joitmc7010018>
- Phadermrod, B., Crowder, R., & Wills, G. (2019). Importance-performance analysis based SWOT analysis. *International Journal of Information Management*, 44, 194-203. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2016.03.009>
- Piwowarski, B. (2020). *Ageing management of concrete structures in MARIA research reactor*. Barcelona. [https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig\\_q=RN:52011165](https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:52011165)
- Teoli, D., Sanvictores, D., & An, J. (2019). SWOT analysis. *StatPearls Publishing*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537302/>
- Uhunamure, S., & Shale, K. (2021). A SWOT analysis approach for a sustainable transition to renewable energy in South Africa. *Sustainability*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/su13073933>



# CÓMO INFLUYEN LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN LAS DECISIONES DEL PERSONAL DE RECURSOS HUMANOS A NIVEL ORGANIZACIONAL EN TIEMPOS DEL COVID-19\*

Marco Antonio Díaz-Martínez\*\*

<https://orcid.org/0000-0003-1054-7088>

Tecnológico Nacional de México-Campus Pánuco, Investigación y Posgrado, Pánuco, Veracruz, México.

Mario Alberto Morales Rodríguez

<https://orcid.org/0000-0002-1342-297X>

Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán, Tamaulipas, México

Reina Verónica Román Salinas

<https://orcid.org/0000-0001-9287-4298>

Tecnológico Nacional de México-Campus Pánuco, Carrera de Ingeniería industrial, Pánuco, Veracruz, México.

Jesús Gómez Castellanos

<https://orcid.org/0000-0003-4760-8411>

Tecnológico Nacional de México-Campus Pánuco, Carrera de Ingeniería industrial, Pánuco, Veracruz, México.

Recibido: 13 de noviembre del 2022 / Aceptado: 24 de enero del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n44.6138>

**RESUMEN.** Esta investigación tuvo como propósito realizar un análisis de las tecnologías de la información (TIC) y los procesos productivos en las organizaciones en tiempos de COVID-19 del sector industrial del estado de Tamaulipas. Los municipios evaluados fueron: Tampico, Altamira y Reynosa. Se aplicó el instrumento de investigación a gerentes o directores representantes de diferentes organizaciones. Hubo un total de 45

---

\* Este estudio no fue financiado por ninguna entidad.

\*\* Autor corresponsal.

Correos electrónicos en orden de aparición: marco.dm@panuco.tecnm.mx; mmorales@docentes.uat.edu.mx; reina.roman@itspanuco.edu.mx; Jesus.gomez@itspanuco.edu.mx

entrevistas y se utilizó la técnica de regresión de mínimos cuadrados parciales (PLS) para el análisis de los datos. Para conocer el nivel de confianza del instrumento, se utilizó el índice de Omega McDonald y rho de Dillon-Goldsteind. Los resultados señalan que la intervención de nuevas tecnologías de la información (TIC) aportan casi un 84 % como herramienta de innovación y competitividad en el mercado laboral.

PALABRAS CLAVE: recursos humanos / industria 4.0 / tecnologías de la información / producción / industria / COVID-19

## THE INFLUENCE OF INFORMATION TECHNOLOGIES AND PRODUCTION PROCESSES IN THE DECISIONS OF HUMAN RESOURCES PERSONNEL AT THE ORGANIZATIONAL LEVEL IN TIMES OF COVID-19

**ABSTRACT.** The purpose of this investigation is to conduct an analysis of the influence of information technologies (ICTs) and production processes in organizations in the industrial sector in the state of Tamaulipas during times of COVID-19. The study evaluated the municipalities of Tampico, Altamira and Reynosa. The research instrument was applied to managers and directors of different organizations, producing a total of 45 interviews and employing the partial least squares (PLS) regression technique for data analysis. The Omega McDonald index and Dillon-Goldstein's RHO were employed to assess the instrument's confidence level. The results indicate that the intervention new information technologies (ICTs) as tools for innovation and competitiveness in the labor market contributed as much as nearly 84 %.

**KEYWORDS:** human resources / industry 4.0 / information technologies / production / industry / COVID-19

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la industria 4.0 es un tema de importancia ante la crisis del COVID-19 a nivel mundial. Las tecnologías que competen a la cuarta revolución industrial representan un factor importante para la supervivencia de las organizaciones.

Hoy por hoy, nos encontramos en una revolución industrial que traerá grandes cambios en la forma en que vivimos nuestro día a día (Schwab, 2016). Esta afirmación es lo que se vive actualmente en esta crisis; por lo tanto, las organizaciones deben de cambiar de concepción para poder solventar estos tiempos difíciles.

En la actualidad, se están implementando tecnologías de la industria 4.0 para afrontar el coronavirus; en el caso de las impresiones 3D, para la fabricación de caretas protectoras, utilización de robots y dispositivos para controlar la temperatura (Santos López, Jaque Ulloa & Serrano Aliste, 2020; Pedraja et al., 2020).

El COVID-19 ha expuesto la importancia y las ventajas que la digitalización trae consigo y, aunque muchas organizaciones cuentan con ella, muchas otras han tenido que acelerar su transformación para solventar situaciones por las medidas de sana distancia y trabajo remoto; aun así, sigue llamando la atención a las organizaciones y las invita forzosamente al campo de la digitalización si quieren ser competitivas (Panduit, 2020).

La industria 4.0 ha venido a generar algunas amenazas a los trabajadores, ya que, al incluir nuevas tecnologías, se han eliminado algunos puestos de trabajo y profesiones tradicionales (Ispizua Dorna, 2018). Cabe mencionar que, a causa del COVID-19, se ha dependido demasiado de las nuevas tecnologías, y esto ha generado que los trabajadores se tengan que adaptar a las nuevas formas de trabajo por parte de las organizaciones.

De acuerdo con la información recabada por uno de los mejores periódicos de México, "El Economista", en el 2020 la industria 4.0 se volvió una necesidad latente ante la pandemia, ya que incorpora sistemas automatizados y digitales que ayudarían a mejorar el producto interno bruto en México (González, 2020).

Las tecnologías han conseguido vencer falsas ideas y prejuicios ante la efectividad de las soluciones para hacer frente al COVID-19. Esto ayudó a generar entornos de trabajo más seguros con la intervención de robots y sistemas automatizados.

La empresa McKinsey & Company realizó una encuesta para evaluar si las tecnologías que ofrece la cuarta revolución industrial pueden ayudar a las organizaciones a enfrentar la crisis sanitaria en la economía organizacional. Se obtuvieron como resultado tres consecuencias principales: 1) las empresas ya habían mejorado sus tecnologías; 2) las empresas que aún estaban en duda por implementar nuevas tecnologías comprobaron que eran necesarias; y 3) se dio un llamado para todas las organizaciones que no han iniciado su recorrido en esta nueva revolución industrial (Pascual Pape, 2020).

La aplicación de las TIC en el COVID-19 tiene su origen en el Reino Unido. Allí se creó una aplicación informática para la telefonía móvil capaz de rastrear el avance del impacto del coronavirus en tiempo real y generar como resultado algunas características asociadas a las personas que pudieran estar en mayor riesgo (Mayor, 2020 & CDC, 2021).

Si bien las tecnologías han aumentado en las organizaciones, esto no es del todo alentador, ya que de acuerdo con informes del Gobierno de México sobre el porcentaje de empleabilidad, se obtuvo una disminución del 3,2 % en el diciembre del 2020, lo que representa un total de 647 710 empleos formales derivado de la pandemia (Gobierno de México, 2020).

Minsait e Indra Company son dos organizaciones que manejan tecnología de punta y consultoría para las operaciones de negocio de clientes en todo el mundo. Estas empresas mencionan que el impacto del COVID-19 exige responder a los retos clave con la intervención de nuevas tecnologías. Estos retos son: ahorro de costes, recuperación y resiliencia de la cadena de suministro; seguridad de los trabajadores, disminución en el nivel de *scrap*, mejora de la productividad e intervención de tecnologías para el trabajo remoto (Seseña, 2020).

Esta investigación tiene como propósito realizar un análisis sobre la influencia de las TIC, las estrategias de las organizaciones, y si tienen planeado depender de las tecnologías a causa del COVID-19 o esperan que haya una reactivación en sus proyectos y mantener el porcentaje de trabajadores que originalmente tenían antes de la pandemia. Para obtener la información requerida de las organizaciones a encuestar, se hizo uso de la tecnología que ha brindado la propia industria 4.0; esto es, por medio de una app móvil basada en la plataforma Android.

## 2. METODOLOGÍA

Las variables analizadas en este trabajo ayudan a conocer la situación actual de las organizaciones ante la crisis del COVID-19. Estas son: recursos humanos, producción y tecnología. Para lograr esto, se construyeron las siguientes relaciones:

### **Producción-recursos humanos**

Sistemas como el internet de las cosas (IoT), sistemas ciberfísicos, Big Data y cloud computing harán más eficientes los procesos productivos (optimización de materia primas y reducción de costos) y flexibles (disminución de plazos y generación de productos personalizados) (López, 2020).

La industria 4,0 implica retos de adaptación a la conectividad con los clientes o trabajadores, gestionar la información de extremo a extremo; es decir, garantizar la sostenibilidad a largo plazo de la producción (Blanco, Fontrodona & Poveda, 2017).

Se establecieron las siguientes hipótesis:

$H_0$ : los procesos productivos no influyen en la toma de decisiones del área de recursos humanos.

$H_1$ : los procesos productivos tienen influencia positiva en la toma de decisiones del área de recursos humanos.

### **Tecnología-recursos humanos**

La industria 4.0 está mejorando los procesos de fabricación haciéndolos más flexibles y adaptables. También está logrando una mayor calidad de producto terminado, lo cual genera un ambiente competitivo de fabricación actual. Día a día está avanzando al logro de una transformación digital desde una óptica de gestión y tecnologías. (Silvestri et al., 2020). La industria 4.0 fomenta la innovación tecnológica en las organizaciones y ofrece sistemas que pueden aumentar considerablemente la productividad y generar cada vez más estrategias de innovación (Faraz Mubarak & Petraite, 2020).

Hoy en día, las organizaciones necesitan cada vez más adaptarse a las nuevas tecnologías que ofrece la industria 4.0 y tomar decisiones acertadas a la hora de invertir en proyectos de innovación e investigación para tener un impacto social y organizacional (Fernández et al., 2015). De acuerdo con la información descrita, se establecieron las siguientes hipótesis:

$H_0$ : las tecnologías de la información no influyen en las decisiones del área de recursos humanos.

$H_2$ : las tecnologías de la información tienen influencia positiva en la toma de decisiones del área de recursos humanos.

Cuando se habla de procesos organizacionales en el ámbito empresarial, nos referimos a que puede desarrollarse mediante relaciones activas establecidas entre los responsables del sistema corporativo, que se convierte en un elemento importante para el logro de la excelencia de la organización (Briones Jácome, 2020).

Para el desarrollo de la investigación, se utilizó un instrumento que consta de 19 preguntas seccionadas en tres variables de estudio para su análisis, las cuales son: recursos humanos, producción y tecnología. De acuerdo con la situación actual, fue necesario realizar las entrevistas de manera virtual, utilizando la técnica de entrevista de tipo semiestructurada, ya que los cuestionamientos fueron planeados de tal manera que pudieran ser ajustadas a las personas entrevistadas. La ventaja de este tipo de entrevista es que busca motivar la creatividad, mantener directrices del tema en cuestión y que el entrevistado pueda expresarse de manera libre y espontánea (Díaz Bravo et al., 2013). En la Figura 1, se pueden visualizar las fases de la entrevista semiestructurada.

**Figura 1**

*Fases de la entrevista semiestructurada*



Como se mencionó anteriormente, las variables utilizadas en este instrumento de investigación fueron tres, las cuales están caracterizadas a continuación:

- *Recursos humanos*: al ser el activo con más valor de la organización, este debe contar con una buena comunicación donde se informe a los trabajadores sobre la posición de la organización y las medidas que se deben afrontar por la contingencia. El COVID-19 representa un reto importante para el departamento de recursos humanos; este debe tener una posición de desarrollo estratégico para superar la contingencia, cuidando el bienestar de los trabajadores de la organización.
- *Producción*: conocer si existe un buen control de procesos y producción en tiempos del COVID-19. En la actualidad, el trabajo se hace de manera distinta: implica el uso de diferentes tecnologías en las organizaciones, como la inteligencia artificial, herramientas colaborativas de ERP (Enterprise Resource Planning), máquinas con sistemas de gestión ERP, monitoreo de las operaciones en tiempo real, etcétera.
- *Tecnología*: si la organización puede adquirir nuevas tecnologías de la información o tecnologías de manufactura, podrá tener una producción óptima. Si está relacionada con el conocimiento de estas tecnologías y cuenta con un presupuesto para su implementación, será una ventaja competitiva de gran importancia para la organización.

Las organizaciones participantes fueron seleccionadas de manera que cumplieran con las características del objeto de estudio y que pertenecieran al área de recursos humanos. O, en todo caso, que pudieran participar en el análisis y la toma de decisiones referente al impacto del COVID-19 y los trabajadores. La investigación incluyó a personal de distintas organizaciones ubicadas en los municipios de Tampico, Madero, Altamira y Reynosa, pertenecientes al estado de Tamaulipas. También contó con personal del municipio de Pueblo Viejo, perteneciente al estado de Veracruz. Todas, pertenecientes a la República mexicana. La población total del sector industrial por municipio fue: Altamira, 30 organizaciones; Tampico, 12 organizaciones; y Reynosa con 35 organizaciones. Cabe mencionar que solo 45 organizaciones presentaron interés en responder el instrumento de investigación, lo cual representa un 58 % del total de las organizaciones evaluadas.

Culminadas las entrevistas en las organizaciones, se realizaron algunas pruebas estadísticas como el índice de Omega McDonald para la validación del instrumento de investigación (VenturaLeón & Caycho Rodríguez, 2017) y el índice de Dillon-Goldstein (Ravand & Baghaei, 2016) para la validación de la significancia de las variables de estudio con apoyo del *software* estadístico de SPSSv25 (Statistical Package for Social Science). Se aplicó un análisis predictivo utilizando el modelo de mínimos cuadrados parciales (PLS), que se basa en maximizar la varianza explicada (coeficiente de determinación  $R^2$ ) de las variables dependientes, esto minimiza la varianza residual de las variables endógenas (Cepeda Carrión & Roldan Salgueiro, 2004). Este método estadístico es de los más utilizados y aceptados en diferentes campos y áreas de las ciencias sociales, organización y marketing (Fornell & Cha, 1994; Lervik & Johnson, 2003; Salgado Beltran & Espejel Blanco, 2016; Ulaga & Eggert, 2006).

El instrumento fue construido a partir de la búsqueda literaria sobre las variables de estudio, opiniones e información de expertos que estuvieran al frente de una organización. El instrumento de investigación aplicado a las organizaciones presenta 19 ítems para el análisis de resultados con una escala de Likert, la cual va de del número 0, que corresponde a "totalmente en desacuerdo", al número 4, que corresponde a "totalmente de acuerdo" (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Funcionalidad y descripción de las variables*

Variables de estudio	Clave	Ítem
		Número de empleados antes de la pandemia del COVID-19
		Actualmente, como se encuentra operando la organización
Recursos Humanos	RH1	Su organización cuenta con un plan de acción para asegurar la estabilidad del trabajador en su puesto de trabajo
	RH2	Qué elementos han asegurado la estabilidad laboral
	RH3	Su empresa cuenta con el presupuesto de efectivo óptimo para mantener al personal
	RH4	Se ha despedido a algún trabajador a consecuencia del COVID-19
	RH5	Qué porcentaje de trabajadores han sido despedidos
	RH6	Su organización presentó casos de trabajadores infectados por COVID 19
	RH7	La organización no dispone de sus colaboradores presencialmente
Procesos productivos	PROD1	Los proveedores que están asociados a su organización se han visto afectados por el COVID-19 y han presentado escasez, incumpliendo con sus entregas
	PROD2	Los costos de materias primas se han elevado, y esto ha afectado a su empresa en la adquisición de estas
	PROD3	Los colaboradores se han visto afectados en su ritmo de trabajo porque la demanda de su servicio es menor que lo habitual
	PROD4	Su organización cuenta con filtro sanitario para recibir tanto a sus colaboradores como a proveedores y clientes
	PROD5	Considera que contar con filtro sanitario reduce la productividad de su empresa
	PROD6	Cree que las cadenas de distribución han retrasado las entregas de productos a los consumidores finales
	PROD7	La empresa proporciona a sus empleados equipos o instrumentos de trabajo como para que puedan hacer <i>home office</i>
Tecnologías de la información	TECN1	Los colaboradores que estuvieron o están en <i>home office</i> presentaron o presentan algunas inquietudes sobre el uso de las tecnologías para el desempeño de su trabajo
	TECN2	Cuando se presentan problemas de conexión a internet a los sistemas de la organización, los trabajadores en <i>home office</i> afectados reciben ayuda en el momento
	TECN3	Cuando los colaboradores han tenido problemas de soporte técnico para realizar sus funciones de forma adecuada, reciben ayuda de parte de la persona responsable
	TECC4	Considera que la tecnología con la que un trabajador labora en casa puede llegar a ser igual a las de la propia organización
	TEC5	Considera que la industria 4.0 ha generado un nuevo estilo de vida en el que las tecnologías llegaron para quedarse

Para realizar el análisis de impacto de variable de recursos humanos sobre las variables de producción y tecnología, se implementó la técnica estadística multivariada del modelo ecuaciones estructurales por mínimos cuadrados (PLS), considerando que este método se adapta a: 1) trabajar con muestras pequeñas considerando criterios de representatividad estadística; 2) presentar un modelo sencillo de interpretación y distribución de datos; y 3) las aplicaciones de este modelo tienen muy poca información disponible, y la predicción del modelo es de suma importancia para el estudio (Hair et al., 2017; Hwang, et al., 2018). Para el procesamiento de la información, se usó el programa de análisis estadístico SPSS versión 25,0 (IBM, 2020) & XLSTAT v.24 (XLSTAT, 2020).

### 3. RESULTADOS

El instrumento de evaluación mostrado es una herramienta que puede ayudar a las organizaciones a mejorar el nivel de percepción sobre el impacto que estas presentan hoy en día derivado de la pandemia del COVID-19. Para la validación de la confiabilidad del instrumento, se utilizó el índice de Omega McDonald (Dunn, Brunsten & Baguley, 2013). El resultado fue de 0,73, el cual indica que es un instrumento confiable (Salazar Vargas & Serpa Barrientos, 2017); este índice está determinado por la fórmula (Páez et al., 2017):

$$\omega = \frac{(\sum \lambda_i)^2}{(\sum \lambda_i)^2 + \sum \Psi_i} [1]$$

donde  $\lambda_i$  representa la carga factorial, y  $\Psi_i$  la unicidad del ítem  $i$ .

Para el caso de la confiabilidad de las variables, se utilizó la rho de Dillon-Goldstein. Este análisis se basa en la evaluación de los resultados del modelo en lugar de las correlaciones observadas entre las variables manifiestas del grupo de datos. Se toma en cuenta que cualquier variable se considera homogénea si su índice es igual o mayor a 0,70. (González Huelva, 2018). Se define como:

$$\rho = \frac{(\sum_{p=1}^{Pq} \lambda_{pq})^2}{(\sum_{p=1}^{Pq} \lambda_{pq})^2 + \sum_{p=1}^{Pq} (1 - \lambda_{pq}^2)} [2]$$

Para este estudio, se obtuvo como resultado para la variable de tecnología un 0,75 y, para la variable de producción, un 0,72.

En la Tabla 2, se pueden observar las cargas cruzadas de cada una de las preguntas donde se notan las correlaciones simples de cada uno de los constructos. El resultado recomendado para determinar la pertinencia de las mediciones debe ser (>0.7), (Hair et al., 2017; Henseler, Ringle & Sinkoviks, 2009).

**Tabla 2**

*Cargas cruzadas*

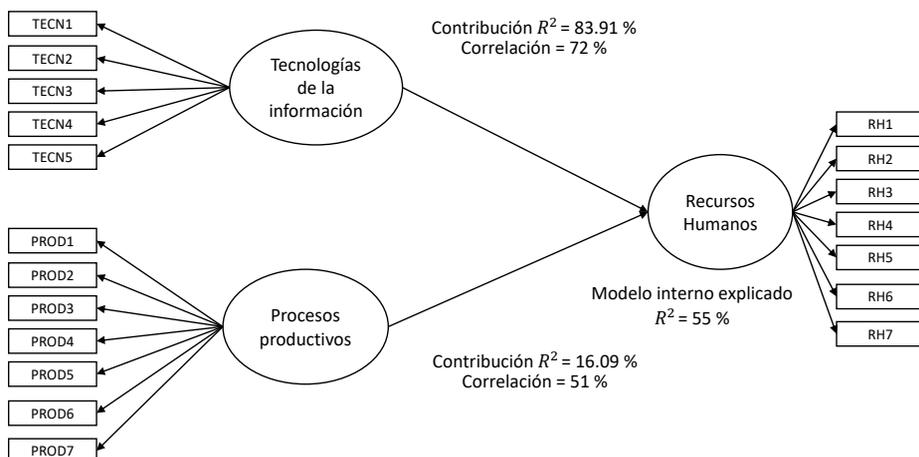
Preguntas	Recursos humanos	Producción	Tecnología
RH 1	0,002	0,118	0,087
RH2	0,157	-0,042	-0,058
RH3	0,737	0,292	0,277
RH4	0,740	0,030	0,215
RH5	0,718	0,438	0,549
RH6	0,725	0,218	0,471
RH7	0,790	0,327	0,572
PROD1	0,201	0,531	0,216
PROD2	0,332	0,726	0,485
PROD3	0,416	0,747	0,407
PROD4	0,280	0,553	0,397
PROD5	0,164	0,338	0,019
PROD6	0,449	0,795	0,414
PROD7	0,486	0,670	0,389
TECN 1	0,060	0,140	0,720
TECN 2	0,477	0,447	0,754
TECN 3	0,602	0,425	0,810
TECN 4	0,457	0,216	0,749
TECN 5	0,236	0,359	0,850

En la Figura 2, la variable evaluada de recursos humanos presenta un  $R^2$  igual al 55 %. Esto significa que el modelo evaluado puede ser mejorado, ya que, a medida que incluyamos más variables al modelo,  $R^2$  aumentará y esto mejorará cada vez más el modelo.

La variable de tecnologías de la información tiene una contribución del 83,91 % hacia la variable de recursos humanos. Esto significa que los responsables del área de recursos humanos de las organizaciones están apostando por las contribuciones de la industria 4.0 y tecnologías de punta para poder equilibrar los esfuerzos laborales en medio de la pandemia del COVID.19.

**Figura 2**

*Modelo estructural del impacto de las variables de recursos humanos*



Para la realización de la prueba de hipótesis nula, se estableció un nivel de significancia del 5 % y un estadístico de prueba “t” *Student*. La probabilidad para la relación de variable Producción-RH es 0,190, con lo cual  $P > 0,05$ ; por lo tanto, la hipótesis nula se acepta. Para la relación de tecnologías de la información-RH es 0,000, con lo que  $P < 0,05$ , por lo que la hipótesis nula se rechaza, dando una diferencia en su impacto.

En la Tabla 3 se muestra el resumen de los resultados del análisis de las pruebas de hipótesis planteadas, relacionadas con la variable de recursos humanos.

**Tabla 3**

*Resultados de las hipótesis del modelo estructural*

Relación de variables	Hipótesis	P	t	Decisión
Procesos productivos $\Rightarrow$ Recursos humanos	H1	0,190	1,333	Se acepta H0
Tecnologías de la información $\Rightarrow$ Recursos humanos	H2	0,000	4,956	Se rechaza H0

Los resultados del instrumento de investigación mostraron que el 52 % de las organizaciones cuentan con un plan de acción para asegurar la estabilidad del trabajador. Algunas acciones que las organizaciones están tomando actualmente son: contar con equipo básico de protección como mascarillas, guantes y gel antibacterial; asignación de

horarios durante el día para un proceso de sanitización de áreas de trabajo y limpieza; supervisión diaria por el área o departamento médico para la atención y seguimiento a la salud de los trabajadores. El 56 % de las organizaciones cuenta con presupuesto de efectivo para mantener al personal en sus puestos de trabajo, y solo el 27 % ha tomado la decisión de despedir a algún trabajador a consecuencia del COVID-19.

En el 60 % de las empresas, sus proveedores se han visto afectados por el COVID-19, y esto ha generado atrasos e incumplimiento en sus entregas. Asimismo, el 55 % ha expresado que los costos de materia prima aumentaron drásticamente: esto ha ocasionado que las organizaciones estén pensando en recurrir a los despidos para tener una estabilidad económica y poder mantenerse en esta crisis del COVID-19. El 57 % de las organizaciones se han visto afectadas en el ritmo de trabajo, ya que la demanda de su servicio ha sido menor que lo habitual; y el 55 % de las compañías expresa que sus cadenas de distribución han presentado retrasos en las entregas de productos a los clientes o consumidores finales.

Finalmente, por la crisis de la pandemia del COVID-19, el 57 % de las organizaciones tuvieron que tomar decisiones muy importantes sobre cómo resolver la forma de trabajar a distancia de sus trabajadores y proporcionar equipos o instrumentos de trabajo para la realización de *home office*. El 45 % de las compañías tuvieron que crear un centro de soporte técnico y una mesa de ayuda especial para apoyar a los trabajadores que se encontraban en *home office* y que presentaban problemas para conectarse a las bases de datos o redes de la organización. El 60 % de las empresas tuvieron que apoyar y sumarse ampliamente en el préstamo de tecnologías de la información, ya que los trabajadores no contaban con un buen equipo de cómputo, ancho de banda de internet y *software* especializado de la organización para cumplir con sus metas .

#### 4. DISCUSIÓN

Para contrarrestar el COVID-19, China implementó soluciones tecnológicas para la prevención de esta pandemia y formó una alianza con Alibaba y Tencent. Desarrollaron una aplicación móvil: Aliplay Health Code. Esta aplicación tiene el objetivo de monitorear y clasificar diariamente a los ciudadanos, de acuerdo con su estado de salud. Esta tecnología facilita que las personas puedan conocer si se encuentran en un lugar libre de infección (Tarazona Reyes & Ochoa Grados, 2020). Las áreas de recursos humanos ante la pandemia del COVID-19 en México tienen como objetivo funcional generar nuevas capacitaciones como estrategia de mejora continua (Leal et al., 2021 & Ministerio del Ambiente, 2021).

Una de las funciones importantes que los administradores de recursos humanos han realizado es facilitar el teletrabajo sin reducir la productividad generada en la organización (Peiró & Soler, 2020). El aseguramiento de la salud y bienestar de las

personas es uno de los retos que la administración de recursos humanos ha tenido que enfrentar: ha generado puestos adecuados para trabajar desde casa reduciendo el riesgo de movilidad y salud mental (Brooks et al., 2020).

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) menciona que las organizaciones y economías que puedan tener la capacidad de recuperarse rápidamente de la crisis del COVID-19 se encontrarán en mejores condiciones de adoptar nuevas tecnologías. Estos beneficios ayudarán a incrementar la productividad (OIT, 2020).

De acuerdo con lo anterior, para que las organizaciones puedan ser capaces de sobrevivir y adaptarse a este nuevo entorno, se deben considerar dos propósitos que deben ser la guía de su actuación: (1) deben llevar diversos grupos de interés para buscar la sostenibilidad social y medioambiental; y (2) innovación de tecnología que garantice la supervivencia y sostenibilidad de las organizaciones para mantener una capacidad innovadora de manera continua (Schwab, 2016; Leon, 2018; Roblek, Erenda & Mesko, 2018).

Según Briones (2020), la aplicación de la psicología organizacional genera condiciones favorables en el entorno laboral y da como resultado un aumento considerable en la productividad y eficiencia empresarial. Ofrece también la posibilidad de generar estrategias que afecten de manera positiva a la organización y que potencialicen las actitudes de los trabajadores, aun con actual pandemia del COVID-19.

El conjunto de hechos que se han presentado durante el COVID-19 y su impacto en el área de recursos humanos han generado consecuencias a nivel empresarial y económico, de una manera atípica: la implementación rápida de las tecnologías y la generación de estrategias laborales desde casa han logrado que los trabajadores puedan tener la misma productividad que en la organización.

Llevar a cabo prácticas de investigación y desarrollo, y comprender eficazmente que las nuevas tecnologías actúan de manera positiva en el mejoramiento de la capacidad de innovación organizacional y relacional de los recursos humanos hablan de una estrategia bien definida (Cetindamar, Phaal & Probert, 2010).

## 5. CONCLUSIONES

Este trabajo de investigación tuvo como propósito conocer el impacto y las estrategias de las organizaciones y si tienen planeado depender de las tecnologías de información a causa del COVID-19, con el fin de mantener el porcentaje de trabajadores que originalmente tenían antes de la pandemia.

Las organizaciones impulsan la economía de varios países, y la implementación de nuevas tecnologías evitará un estancamiento económico a causa de la pandemia

del COVID-19. Los servicios en línea y de la nube contribuyen al mejoramiento en la forma de trabajar en la actualidad, como el *home office*, automatización de sistemas de producción, capacitaciones en línea, etcétera. Todo este conjunto de tecnologías pertenece a la industria 4.0, clave fundamental para salir adelante en esta pandemia. El futuro de las organizaciones post-COVID-19 está en manos de los líderes de las empresas y organizaciones, que tendrán que buscar una adaptación hacia los nuevos cambios tecnológicos para poder enfrentar esta situación que nos ha tocado luchar y que aún continúa.

México, como segunda economía de América Latina, debe acelerar la intervención de las tecnologías y la digitalización en todos las áreas y los sectores económicos (sobre todo industrial y de servicios) para garantizar un crecimiento económico.

La gran oportunidad de México no es solo ser protagonista a nivel mundial en las cadenas de suministro, sino también competir en otros mercados emergentes y ser competitivo en el mercado tecnológico. La idea es lograr un acompañamiento eficaz entre las organizaciones mexicanas en proceso o iniciación de la transformación digital en un mundo post-COVID-19 cada vez más digitalizado y automatizado.

Si bien los resultados han sido favorables para las organizaciones, contar con la intervención de la industria 4.0 y tecnologías de punta ante esta crisis no ha podido ayudar a normalizar los proyectos inconclusos desde inicio de la pandemia. Muchas organizaciones calculan que, a inicios del 2023, podrían reactivar sus funciones operativas y contratar al personal que fue despedido a causa de la pandemia, conscientes de que las tecnologías llegaron para quedarse.

## REFERENCIAS

- Blanco, R., Fontrodona, J., & Poveda, C. (2017). La industria 4.0: el estado de la cuestión. *Revista Economía Industrial*, 406, 151-164. <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/406/BLANCO,%20FONTRODONA%20Y%20POVEDA.pdf>
- Briones Jácome, E. I. (2020). Psicología organizacional en tiempos de la pandemia COVID-19. *Revista Científica Dominio de las Ciencias*, 6(2), 26-34. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7539705>
- Brooks, S., Webster, R., Smith, L., Woodland, L., Wesley, S., & Greenberg, N. (2020). The psychological impact of quarantine and how to reduce it. *Rapid Review*, 395, 912-920. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(20\)30460-8](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(20)30460-8)
- CDC. (2021, 2 de julio). Coronavirus self - checker. *Centers for disease control and prevention*. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/symptoms-testing/index.html>

- Cepeda Carrión G., & Roldán Salgueiro, J. L. (2004). Aplicando en la práctica la técnica PLS en la administración de empresas. En *Conocimiento y competitividad: congreso ACEDE, Murcia*, 1-30. <https://core.ac.uk/download/pdf/161254889.pdf>
- Cetindamar, D., Phaal, R., & Probert, D. (2010). *Technology management: activities and tools*. USA: Ed. RED GLOBE PRESS. Palgrave Macmillan. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.04.006>
- Díaz Bravo, L., Torruco García, U., Martínez Hernández, M., & Varela Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Revista Investigación Médica*, 2(7), 162-167. <https://www.scielo.org.mx/pdf/iem/v2n7/v2n7a9.pdf>
- Dunn, T. J., Baguley, T., & Brunsten, V. (2013). From alpha to omega: a practical solution to the pervasive problem of internal consistency estimation. *The British Journal of psychology*, 105(3), 1-13. <https://doi.org/10.1111/bjop.12046>
- Faraz Mubarak, M., & Petraite, M. (2020). Industry 4.0 technologies, digital trust and technological orientation: What matters in open innovation?. *Technological Forecasting and Social Change*, 161(120332), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120332>
- Fernández, A., Cunha, J., Ferreira, P., Araújo, M., & Gómez, A. E. (2015). Research and development project assessment and social impact. *Journal Production*, 25(4), 725-738. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.110212>
- Fornell, C., & Cha. J. (1994). *Partial least squares*, Cambridge: Ed. R.P. BAGOZZI.
- Gobierno de México (2020). El empleo formal disminuyó 3.2 % en 2020. *Gaceta Económica*. <https://www.gob.mx/shcp%7Cgacetaeconomica/articulos/el-empleo-formal-disminuyo-3-2-en-2020>
- González Huelva, I. (2018). *Modelos PLS-PM*. [Tesis de bachillerato]. Repositorio institucional Universidad de Sevilla. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/77637/González%20Huelva%20Irene%20TFG.pdf>
- González, L. (2020, 7 de noviembre). COVID-19 evidenció que la industria 4.0 es una necesidad. *El Economista*. <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Covid-19-evidencio-que-la-Industria-es-una-necesidad-20201107-0019.html>
- Hair, J., Hult, G., Ringle, C., & Sarstedt, M. (2017). *A primer on partial least square structural equation modeling (PLS-SEM)*, California: Ed. SAGE.
- Henseler, J., Ringle, C. M., & Sinkoviks, R. R. (2009). The use of partial least squares path modeling in international marketing. *Journal Advances in International Marketing*, 20, 277-320. [https://doi.org/10.1108/S1474-7979\(2009\)0000020014](https://doi.org/10.1108/S1474-7979(2009)0000020014)

- Hwang, H., Malhotra, N. K., Kim, Y., Tomiuk, M. A., & Hong, S. (2018). A comparative study on parameter recovery of three approaches to structural equation modeling. *Journal of Marketing Research*, 47(4), 699-712. <https://doi.org/10.1509/jmkr.47.4.699>
- IBM (2020). *IBM SPSS Statistics for Macintosh (Version 26.0) [software]*. Armonk, New York: IBM Corp.
- Ispizua Dorna, E. (2018). Industria 4.0: ¿cómo afecta la digitalización al sistema de protección social? *Lan Herremanak Revista de Relaciones Laborales*, (40), 1-16. <https://doi.org/10.1387/lan-harremanak.20325>
- Leal, R., Martínez, M., & Bacre G. (2021). Retos en la administración de recursos humanos ante pandemia Covid-19 en organizaciones de Nuevo León (México). *Vinculatégica*, 7(1), 691-700. <https://doi.org/10.29105/vtga7.2-23>
- Leon, R. D. (2018). *Managerial strategies for business sustainability during turbulent times*, Romania: Ed. IGI GLOBAL. [https://www.researchgate.net/publication/319416619\\_Managerial\\_Strategies\\_for\\_Business\\_Sustainability\\_During\\_Turbulent\\_Times](https://www.researchgate.net/publication/319416619_Managerial_Strategies_for_Business_Sustainability_During_Turbulent_Times)
- Lervik, O. L., & Johnson, M. D. (2003). Service equity, satisfaction, and loyalty: From transaction-specific to cumulative evaluations. *Journal of Service Research*, 5(3), 184-195. <https://doi.org/10.1177/1094670502238914>
- López, P. E. (2020). La industria 4.0 y las nuevas formas de trabajar: Una perspectiva desde el caso mexicano en tiempos del COVID-19. *Lan Harremanak Revista de Relaciones Laborales*, 43, 244-263. <https://doi.org/10.1387/lan-harremanak.21737>
- Mayor, S. (2020). COVID-19: Researchers launch app to track spread of symptoms in the UK *BMJ*, 368, m1263. doi:10.1136/bmj.m1263
- Ministerio del Ambiente. (2021). Gestión de recursos humanos en el marco de la pandemia por COVID-19. *Bicentenario 2021*, Lima, Perú.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT), (2020, 18 de marzo). El COVID-19 y el mundo del trabajo: repercusiones y respuestas. [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/documents/briefingnote/wcms\\_739158.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/documents/briefingnote/wcms_739158.pdf)
- Páez, D., Mella, C., & Oyanedel, J. C. (2017). Cálculo de confiabilidad a través del uso del coeficiente Omega de McDonald. *Revista Médica de Chile*, 145(2), 269-274. DOI: 10.4067/S0034-98872017000200019
- Panduit (2020). La digitalización mejora los procesos logísticos: Panduit. T21. <http://t21.com.mx/logistica/2022/03/14/digitalizacion-mejora-procesos-logisticos-panduit#:~:text=La%20empresa%20de%20infraestructura%2C%20Panduit,distribuci%C3%B3n%20y%20almacenes%20en%20tienda>

- Pascual Pape, J. (2020). Tecnología industrial en tiempos de COVID-19. *Universal Robots*. <https://www.universal-robots.com/es/blog/la-importancia-de-la-tecnolog%C3%ADa-y-la-industria-40-en-tiempos-de-covid-19/>
- Pedraja, J., Maestre, J. M., Rabanal, J. M., Morales, C., Aparicio, J., & Del Moral, I. (2020). Papel de la impresión 3D para la protección de los profesionales del área quirúrgica y críticos en la pandemia de COVID-19. *International Journal of Odontostomatology*, 67(8), 417-424. DOI: 10.1016/j.redar.2020.07.011
- Peiró, J., & Soler, A. (2020). El impulso al teletrabajo durante el COVID-19 y retos que plantea. Valencia, España. <https://www.ivie.es/wp-content/uploads/2020/05/11.Covid19IvieExpress.El-impulso-al-teletrabajo-durante-el-COVID-19-y-los-retos-que-plantea.pdf>
- Ravand, H., & Baghaei, P. (2016). Partial least squares structural equation modeling with R. *Journal Practical Assessment, Research & Evaluation*, 21(11), 1-16. <https://doi.org/10.7275/d2fa-qv48>
- Roblek, V., Erenda, I., & Mesko, M. (2018). The challenges of sustainable business development in the post-industrial society in the first half on the 21st century. *Managerial strategies for business sustainability during turbulent times*. Slovenia: Ed. IGI GLOBAL. [https://www.researchgate.net/publication/315119305\\_The\\_Challenges\\_of\\_Sustainable\\_Business\\_Development\\_in\\_the\\_Post-Industrial\\_Society\\_in\\_the\\_First\\_Half\\_of\\_the\\_21st](https://www.researchgate.net/publication/315119305_The_Challenges_of_Sustainable_Business_Development_in_the_Post-Industrial_Society_in_the_First_Half_of_the_21st)
- Salazar Vargas, C., & Serpa Barrientos, A. (2017). Análisis confirmatorio y coeficiente Omega como propiedades psicométricas del instrumento Clima Laboral de Sonia Palma. *Revista de Investigación en Psicología*, 20(2), 377-388. <http://dx.doi.org/10.15381/rinvp.v20i2.14047>
- Salgado Beltrán, L., & Espejel Blanco, J. (2016). Análisis del estudio de las relaciones causales en el márketing. *Revista Innovar*, 26(62), 79-94. <http://dx.doi.org/10.15446/innovar.v26n62.59390>
- Santos López, M., Jaque Ulloa, D. & Serrano Aliste, S. (2020). Métodos de desinfección y reutilización de mascarillas con filtro respirador durante la pandemia de SARS-Cov-2. *International Journal of Odontostomatology*, 14(3), 310-315. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-381X2020000300310>
- Schwab, K. (2016). La cuarta revolución industrial, Barcelona: Ed. DEBATE.
- Seseña, G. D. (19 de mayo del 2020). La respuesta de la industria 4.0 a los retos del Covid-19. *Minsait*. <https://www.minsait.com/es/actualidad/insights/la-respuesta-de-la-industria-40-los-retos-del-covid-19>

- Silvestri, L., Forcina, A., Introna, V., Santalamazza, A., & Cesarotti, V. (2020). Maintenance transformation through Industry 4.0 technologies: A systematic literature review. *Computers in Industry*, 123, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103335>
- Tarazona Reyes, A. J., & Ochoa Grados, C. J. (2020). La tecnología como aliado para contrarrestar la pandemia del COVID-19. *Revista Facultad de Medicina Humana*, 20 (4), 754-755. <http://dx.doi.org/10.25176/rfmh.v20i4.3046>
- Uлага, W., & Eggert, A. (2006). Value-based differentiation in business relationships: gaining and sustaining key supplies status. *Journal of Marketing*, 70(1), 119-136. <https://www.jstor.org/stable/30162077>
- Ventura León, J. L., & Caycho Rodríguez, T. (2017). El coeficiente Omega: un método alternativo para la estimación de la confiabilidad. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 15(1), 625-627. [https://www.researchgate.net/publication/313623697\\_El\\_coeficiente\\_Omega\\_un\\_metodo\\_alternativo\\_para\\_la\\_estimacion\\_de\\_la\\_confiabilidad](https://www.researchgate.net/publication/313623697_El_coeficiente_Omega_un_metodo_alternativo_para_la_estimacion_de_la_confiabilidad)
- XLSTAT (2020). *Analyze your data with XLSTAT*. Francia: Addinsoft Corp.

## DATOS DE LOS AUTORES

### **ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE ROPA INDUSTRIAL EN LA CIUDAD DE PELILEO, ECUADOR, COMO FACTOR PARA INCIDIR EN LA PRODUCTIVIDAD**

**CRISTIAN JAVIER MOROCHO RÍOS**

Ingeniero industrial por la Universidad Indoamérica de la ciudad de Ambato, Ecuador. Actualmente, estudiante de la Maestría en Ingeniería Industrial, mención Planeación y Control de la Producción y los Servicios por la Universidad Técnica de Manabí.

**DENIS JOAQUÍN ZAMBRANO ORTIZ**

Ingeniero industrial y magíster en Docencia e Investigación Educativa por la Universidad Técnica de Manabí. Profesor de la Universidad Técnica de Manabí.

**ARIALYS HERNÁNDEZ NARIÑO**

Ingeniera industrial, Máster en Administración de Empresas, mención Gestión de la Producción y los Servicios, y doctora en Ciencias Técnicas por la Universidad de Matanzas. Máster en Turismo Internacional por la Universidad de Limerick, Irlanda. Profesora de la Universidad de Matanzas y directora de Ciencia e Innovación Tecnológica en la Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas, Cuba. Posee más de setenta publicaciones y ponencias en eventos y congresos.

## **ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE YOGUR GRIEGO DE UNA EMPRESA PERUANA MEDIANTE HERRAMIENTAS *LEAN* (5S)**

**RODRIGO ALONSO JURADO GUERRERO**

Bachiller de la carrera de Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima, Perú. Actualmente trabaja en Total Servicios Financieros como practicante profesional comercial.

**GIANCARLO LARA ESPINOZA**

Estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Lima, Perú. Actualmente trabaja en GRUPO ARSMA S.A.C. como practicante preprofesional en la gestión comercial.

## **REDISTRIBUCIÓN DE INVENTARIO CON BASE EN CLASIFICACIÓN ABC PARA MEJORAR EL FLUJO DE MATERIALES EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE ALIMENTOS EN SINALOA, MÉXICO**

**XÓCHITL PATRICIA FLORES GUTIÉRREZ**

Egresada en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Culiacán. Maestra en Logística y Cadena de Suministros por el Instituto de Estudios Universitarios, A.C. (Puebla). Miembro activo del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos. Actualmente, perfil deseable PRODEP y profesora de tiempo completo de la carrera de Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico Superior de Guasave.

**RAÚL LOREDO MEDINA**

Egresado en Ingeniería Electrónica por el Instituto Tecnológico de Sonora. Maestro en Ciencias de la Computación por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). Miembro activo del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos. Actualmente, perfil deseable PRODEP y profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico Superior de Guasave.

**YURIDIA BELÉN COTA PARDINI**

Egresada en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de los Mochis. Maestra en Ingeniería Administrativa por el Instituto de Estudios Universitarios, A.C. Miembro activo del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos. Actualmente, perfil deseable PRODEP y docente del Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Profesora a tiempo completo titular A de la carrera de Ingeniería Industrial.

## **BARRIERS AND DIFFICULTIES FOR THE IMPLEMENTATION OF HACCP SYSTEMS AMONG FOOD COMPANIES IN LIMA, PERU**

**KAREN SOTOMAYOR QUISPE**

Ingeniera en Industrias Alimentarias por la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Consultora y asesora en calidad e inocuidad de alimentos.

**MARCIAL IBO SILVA-JAIMES**

Doctor en Ciencias de los Alimentos por la Universidad de São Paulo, Brasil, Mg. Sc. Tecnología de Alimentos e ingeniero en Industrias Alimentarias por la Universidad Nacional Agraria La Molina. Especialista en microbiología de alimentos, inocuidad alimentaria, bioprocesos en la industria alimentaria, evaluación sensorial y toxicología de alimentos. Docente investigador Renacyt de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú.

## **DECISIÓN-MAKING PROCESS FOR GLUING ON FOOTWEAR PARTS USING ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) AND STATISTICS**

**ARMANDO MARES CASTRO**

Ingeniero industrial por el Instituto Tecnológico de León, con Maestría y Doctorado en Ciencia y Tecnología en Ingeniería Industrial y de Manufactura por el Posgrado Interinstitucional en Ciencia y Tecnología (PICYT) sede CIATEC León, México. Experiencia en empresas del ramo de manufactura y trece años como académico en instituciones de nivel superior. Actualmente, es profesor a tiempo completo en el ITSPR, en donde tiene el perfil deseable del PRODEP-TecNM y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) del CONACYT en nivel 1.

## **CAMBIOS EN LOS HÁBITOS FINANCIEROS OCASIONADOS POR LAS *FINTECH* EN EL PERÚ**

**CRISTIAN ALEXANDER MEJÍA DÍAZ**

Bachiller en Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima. Experiencia previa, practicante del área de Soluciones y Mejora Continua en Centria. Experiencia en análisis y optimización de procesos, gestión de indicadores, metodologías hábiles y análisis de datos para la ejecución de proyectos de mejora, según las necesidades del negocio. Actualmente, analista Jr. de Mejora Continua en Centria – CSC Grupo Breca.

#### MAURICIO JOSÉ ROJAS URIBE

Bachiller en Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima. Actualmente, *business analyst* de Ripley. Experiencia previa, practicante del área de Customer Focus de Ripley. Experiencia en gestión y seguimiento de proyectos, procesos de extracción y esquematización para el análisis de data e inteligencia comercial.

#### RAFAEL VILLANUEVA FLORES

Ingeniero industrial por la Universidad de Lima. Maestro en Ciencias por Kansas State University. Gerente de operaciones de Anita Food y profesor de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Lima. Ejecutivo senior de amplia experiencia en el gerenciamiento de plantas industriales de alimentos y autor de diversas publicaciones en el campo de los alimentos.

### UNA MIRADA A LA IDENTIFICACIÓN DE LAS COMPETENCIAS DIRECTIVAS

#### JACQUELINE HERNÁNDEZ MAGAÑA

Licenciada en Estudios Socioculturales por la Escuela Superior del Partido Comunista de Cuba Níco López. Ha formado parte del equipo que prepara a trabajadores sociales venezolanos en Cuba. Se vinculó a las tareas de dirección ejerciendo diversas responsabilidades en los órganos locales de gobierno. Actualmente labora en el Centro de Inmunología Molecular como especialista para los asuntos de la atención de los cuadros de la institución.

#### DAIMEÉ PADILLA AGUILAR

Doctora en Ciencias Técnicas por la Universidad Tecnológica, magíster en Dirección de Empresas e ingeniera industrial en la especialidad Organización de Empresas por la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría en Cuba. Experiencia laboral en los sectores de la sideromecánica y la biotecnología en Cuba, donde aporta y desarrolla los procesos de los servicios de apoyo en la biotecnología. Especialista de procesos de alta tecnología del I nivel y obtuvo la categoría de tecnóloga de I nivel en el Centro de Inmunología Molecular (CIM) en Cuba. Ambas categorías las otorga el Ministerio de Ciencia Tecnología Innovación y Medio Ambiente (CITMA) en Cuba. Presenta más de doce publicaciones en diferentes revistas de primer y segundo grado, y desarrolla permanentes proyectos de investigación en convenio con la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echevarría en Cuba.

#### NARCISO ABEL PIÑEIRO RODRÍGUEZ

Profesor titular del Centro de Estudios de Técnicas de Dirección en la Cujae. Tiene una experiencia de cuarenta y tres años como profesor y se dedica a la capacitación y

asesoría en temas de dirección a directivos, empresas y centros universitarios. Investiga en temáticas de dirección y gestión, de donde han resultado sus publicaciones.

## **ANÁLISIS ESTRATÉGICO EN LA GESTIÓN DE UN REACTOR DE INVESTIGACIÓN**

**ROCÍO DEL PILAR SOLÍS PILLACA**

Magíster en Ingeniería Industrial con mención en Planeamiento y Gestión Empresarial por la Universidad Ricardo Palma. Magister en Gerencia Pública por la Universidad Continental. Ingeniera mecánica por la Universidad Nacional del Callao, con diplomados en Reactores Nucleares, Gestión por Procesos y Planeamiento Estratégico, Contratación Pública y Sistemas Integrados de Gestión, además de especialización en Gestión de Proyectos y certificación PMP. Cuenta con más de diez años de experiencia en el sector energía; actualmente se desempeña en el cargo de subdirectora de operación de la planta de producción del Centro Nuclear Óscar Miró Quesada, perteneciente al Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN).

## **ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LA RED DE AGUA POTABLE EN SALINA CRUZ, OAXACA, MÉXICO**

**ADRIANA ENEIDA PONCE MARTÍNEZ**

Ingeniera industrial por la Universidad del Istmo, México. Actualmente, cursa la Maestría en Energía Eólica, en la misma universidad, donde estudia sistemas de energía eólica con técnicas de inteligencia artificial. Sus áreas de interés son: los sistemas expertos y las energías renovables.

**EDUARDO MARTÍNEZ MENDOZA**

Doctor en Ciencias de la Administración por la Universidad Nacional Autónoma de México, actualmente es profesor de Ingeniería Industrial en la Universidad del Istmo, México. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I. Sus áreas de interés son la sustentabilidad, energías renovables y sistemas complejos. Ha publicado artículos de investigación en revistas indexadas y congresos internacionales.

**RAFAEL RÍOS ESPERANZA**

Maestro en Ingeniería Industrial por la Universidad Nacional Autónoma de México. Maestro en Sistemas de Calidad y Productividad por el Tecnológico de Monterrey. Es profesor investigador de la Universidad del Istmo, campus Tehuantepec desde el 2006, en donde ha dirigido cinco tesis de licenciatura y participado en el desarrollo de una patente para la inclusión de personas con discapacidad. Sus áreas de interés son: metodologías de mejora y sus aplicaciones, y diseño de sistemas incluyentes.

## **CÓMO INFLUYEN LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN LAS DECISIONES DEL PERSONAL DE RECURSOS HUMANOS A NIVEL ORGANIZACIONAL EN TIEMPOS DEL COVID-19**

### **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 la 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.

### **MARIO ALBERTO MORALES RODRÍGUEZ**

Ingeniero en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico de Cd. Madero (ITCM), con Maestría en Administración Industrial por la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Maestría en Docencia por la Universidad Autónoma de Tamaulipas UAT; en proceso de concluir el doctorado en Proyectos por la Universidad Internacional Iberoamericana (UNINI). Profesor con certificación del Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) de la SEP. Profesor a tiempo completo en el Programa Educativo de Ingeniero Industrial (PEII) de la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán (UAMRA) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT).

### **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 en 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.

### **JESÚS GÓMEZ CASTELLANOS**

Magíster en Administración de los Sistemas de Calidad por la Universidad Valle de México. Analista de métodos en Mg Consultoría y Mexichem; ingeniero de procesos en Cardinal Brands Fabricación S. A. de C. V.; ingeniero industrial y supervisor de producción en Ensamblés Universales S. A. de C. V.; ingeniero de procesos en Breed Mexicana Planta 2 y Pebac S. de R. L. de C. V.; supervisor de producción en Kemet de México S. A. de C. V.; jefe de división de la carrera de Ingeniería Industrial en el Tecnológico de Pánuco.

### **GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

Estandarización de los procesos de producción de ropa industrial en la ciudad de Pelileo, Ecuador, como factor para incidir en la productividad

Análisis y propuesta de mejora en el proceso de producción de yogur griego de una empresa peruana mediante herramientas *Lean* (5S)

Redistribución de inventario con base en clasificación ABC para mejorar el flujo de materiales en una empresa productora de alimentos en Sinaloa, México

### **CALIDAD Y MEDIOAMBIENTE**

Barriers and Difficulties for the Implementation of HACCP Systems Among Food Companies in Lima, Perú

Decision-Making Process for Gluing on Footwear Parts Using Analytic Hierarchy Process (AHP) and Statistics

### **INGENIERÍA DE NEGOCIOS**

Cambios en los hábitos financieros ocasionados por las *fintech* en el Perú

Una mirada a la identificación de las competencias directivas

### **PROYECTOS EMPRESARIALES INDUSTRIALES**

Análisis del desempeño de la red de agua potable en Salina Cruz, Oaxaca, México

### **CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

Análisis estratégico en la gestión de un reactor de investigación

Cómo influye las tecnologías de la información y los procesos productivos en las decisiones del personal de recursos humanos a nivel organizacional en tiempos del COVID-19