



2024

FONDO EDITORIAL

CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



UNIVERSIDAD
DE LIMA

ENGINEERING MANAGEMENT AND DIGITAL TRANSFORMATION

ACTAS DEL III CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Congreso Internacional de Ingeniería Industrial

Engineering Management and Digital Transformation

FONDO EDITORIAL | CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



UNIVERSIDAD
DE LIMA

ENGINEERING MANAGEMENT AND DIGITAL TRANSFORMATION

ACTAS DEL III CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Congreso Internacional de Ingeniería Industrial (3.º : 2024 : Lima, Perú)

Engineering management and digital transformation. Actas del III Congreso Internacional de Ingeniería Industrial: 2 y 3 de octubre del 2024 / director, Miguel Shinno Huamaní ; editor, Edilberto Miguel Avalos Ortecho. Primera edición digital. Lima: Universidad de Lima, Fondo Editorial, 2025.

278 páginas: ilustraciones, diagramas, gráficos.

Incluye referencias.

1. Ingeniería industrial – Congresos. 2. Ingeniería financiera -- Congresos. 3. Transferencia de tecnología -- Congresos. 4. Innovación tecnológica -- Congresos. 5. Gestión de proyectos -- Congresos. I. Actas del III Congreso Internacional de Ingeniería de Industrial (3.º : 2024 : Lima, Perú). II. Shinno Huamaní, Miguel, director. III. Avalos Ortecho, Edilberto Miguel, editor. IV. Vásquez Rivas Plata, Ruth, presentador. V. Universidad de Lima. Fondo Editorial.

658.5060

C

ISBN 978-9972-45-665-7

Engineering Management and Digital Transformation

Actas del III Congreso Internacional de Ingeniería Industrial 2024

Primera edición digital: abril, 2025

Director: Miguel Shinno Huamaní, Universidad de Lima, Perú

Editor: Edilberto Miguel Avalos Ortecho, Universidad de Lima, Perú

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

Diseño, edición y carátula: Fondo Editorial de la Universidad de Lima

Las Actas del Congreso Internacional de Ingeniería Industrial se publican bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0)

ISBN 978-9972-45-665-7

ISSN (en línea) 3084-7613

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú n.º 2025-03951

COMITÉ ORGANIZADOR III CIII (2024)

- Dra. Ruth Vasquez Rivas Plata, Universidad de Lima, Perú
- Mg. Miguel Shinno Huamaní, Universidad de Lima, Perú
- Mg. Evelyn Mezarina Beltrán, Universidad de Lima, Perú
- Dr. Edilberto Miguel Avalos Ortecho, Universidad de Lima, Perú
- Mg. Marco Henrich Saavedra, Universidad de Lima, Perú
- Dr. Nicolás Salazar Medina, Universidad de Lima, Perú

COMITÉ EDITORIAL

- Miguel Shinno Huamaní, Universidad de Lima, Perú
- Ruth Vasquez Rivas Plata, Universidad de Lima, Perú
- Edilberto Miguel Avalos Ortecho, Universidad de Lima, Perú

COMITÉ CIENTÍFICO

- Mg. Miguel Shinno Huamaní, Universidad de Lima, Perú
- Dr. Edilberto Miguel Avalos Ortecho, Universidad de Lima, Perú
- Dra. María Teresa Noriega Aranibar, Universidad de Lima, Perú
- Dr. Juan Carlos Quiroz, Universidad de Lima, Perú
- Dr. (c)Rafael Chávez Ugaz, Universidad de Lima, Perú
- Dr. José Antonio Taquía Gutiérrez, Universidad de Lima, Perú
- Dra. María Lau, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú
- Dra. Clara Inés Pardo Martínez, Universidad del Rosario, Colombia
- Dr. Javier Arturo Gamboa Cruzado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

REVISORES CIENTÍFICOS

- Miguel Shinno Huamaní, Universidad de Lima, Perú
- Edilberto Miguel Avalos Ortecho, Universidad de Lima, Perú
- Elsie Bonilla Pastor, Universidad de Lima, Perú
- Ezilda Cabrera Universidad de Lima, Perú
- Rafael Chavez Ugaz, Universidad de Lima, Perú

- Jorge Corzo Chavez, Universidad de Lima, Perú
- Juan Machuca De Pina, Universidad de Lima, Perú
- Manuel Montoya Universidad de Lima, Perú
- María Teresa Noriega Universidad de Lima, Perú
- Juan Carlos Quiroz Flores, Universidad de Lima, Perú
- Marcos Ruiz Ruiz Universidad de Lima, Perú
- José Taquíá Gutierrez, Universidad de Lima, Perú
- Carlos Urbina Rivera, Universidad de Lima, Perú
- Gino Viacava Campos, Universidad de Lima, Perú
- Rafael Villanueva Flores, Universidad de Lima, Perú
- Javier Gamboa Cruzado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos
- Clara Pardo Martinez, Universidad del Rosario, Colombia

Índice

PRESENTACIÓN	11
<i>Ruth Vásquez Rivas Plata</i>	
PONENCIAS	15
Unidos transformamos: aprovechando la IA para el éxito digital de las pymes peruanas	17
<i>Rafael I. Plaza</i>	
Modelo de gestión de procesos basado en la aplicación de BPM y CRM para incrementar la productividad en una entidad financiera	31
<i>Carlos Lopez-Torres-Orrego, Nicolas Herrera-Herrera y Alberto Flores-Perez</i>	
Buenas prácticas de manufactura en el sector gastronómico de Colombia: análisis de la situación actual	43
<i>Johanna Mildred Méndez Sayago, Jorge Esau Tierradentro Cruz y Gina Vera Rizzo</i>	
Modelo de gestión de producción para mejorar la productividad en el saneamiento de alcachofas aplicando trabajo estándar y 5S: caso del sector agroindustrial en Perú	59
<i>Angela Calderón Morales y Erla Alejandra Concha Romero</i>	
Propuesta para mejorar la eficiencia y calidad del servicio de un almacén mediante SLP. Caso: programa de complementación alimentaria en una región con un alto nivel de pobreza	77
<i>Ángel Jesús Torres Aliaga, Alexandra Vásquez Idrogo y María Teresa Noriega-Aranibar</i>	

Implementación de lean manufacturing, método sostac y machine learning para mejorar la gestión comercial en el sector de servicios <i>Mauricio Aurelio Diaz Herrera, Giuseppe Taddey Calderón y Edilberto Miguel Ávalos-Ortecho</i>	95
Mejora en la gestión de clientes en base a revenue management y RFM en una empresa de transporte interprovincial de pasajeros <i>Cinthia Lucero Ccalla Surco, Fiorella Munayco Rojas y José Antonio Taquíá Gutiérrez</i>	117
Propuesta de mejora en la logística de entrada en una empresa importadora de automóviles utilizando lean management <i>Jimena Pinto Adriazola, Jimena Mc Farlane Camino y Rafael Chavez-Ugaz</i>	137
Aplicación de six sigma para incrementar la calidad del servicio en un restaurante <i>Martin García-Blásquez Carrillo, Yasser Luren Ccoyllo Veneros y Edilberto Miguel Ávalos-Ortecho</i>	161
Estrategias de RSE para aumentar la sostenibilidad y mejorar la gestión de capital humano en una empresa constructora (pyme) <i>Orlando Sáenz Aguinaga, Adrián Paz Véja y Jorge Montoya Barragán</i>	185
Lean service y BPM para aumentar el nivel de servicio en una empresa del sector de las telecomunicaciones <i>Carlos Arteaga Ventura, Xiomara Alessandra Rosales Meza y Silvia Ponce Álvarez</i>	203
Propuesta de mejora basado en lean manufacturing para reducir índice de defectuosos en una pyme del sector óptico <i>Steffany Alejandra Ramos Jacobo, Luis Alonso Ricse Calderon y Elsie Bonilla Pastor</i>	215
Modelo de operaciones aplicando TOC y SLP para incrementar el nivel de servicios en el área de emergencias de un centro de salud privado <i>Matias Leo Forno, Rafaella Teixeira Tórterolo y Maria Teresa Noriega-Aranibar</i>	237
Mejora del cumplimiento de pedidos mediante triple suavización exponencial, ABC y programación lineal en una empresa de delivery de bebidas alcohólicas <i>Ruth Angela Alarcon Carhuallanqui, Andrea del Pilar Merino Cafferata y Rafael Mauricio Villanueva Flores</i>	253
DATOS DE LOS AUTORES	269

Presentación

doi: <https://doi.org/10.26439/ciii2024>

La Carrera de Ingeniería de Industrial tiene el agrado de presentar el libro de actas del III Congreso Internacional de Ingeniería Industrial (CIII 2024), denominado Engineering Management and Digital Transformation, cuya finalidad es difundir a nivel internacional las herramientas utilizadas en la gestión de la ingeniería y la transformación digital, que permiten crear valor a las empresas y hacerlas más sostenibles. Las ponencias aquí reunidas muestran las últimas tendencias en innovación y enfoque en el cliente, gestión de proyectos, ingeniería financiera y estrategia en la industria.

Consideramos que dicha temática es importante, teniendo en cuenta los aspectos técnicos y de gestión que permiten al ingeniero ser un profesional integral, capaz de gestionar empresas eficientemente, identificar los constantes cambios y oportunidades que ofrece el entorno y liderar la transformación digital de las organizaciones, comprometido con la competitividad empresarial. Es así como el Instituto de ingenieros industriales establece la gestión como parte del cuerpo del conocimiento de todo ingeniero industrial. Aplicando los principios de la ingeniería a la práctica empresarial y considerando que las operaciones se centran en el diseño y análisis de procesos de producción y de servicio, la gestión de Ingeniería se ocupa del lado técnico y comercial de las empresas, en áreas como enfoque en el cliente, liderazgo, procesos de negocio, gestión estratégica, gestión de recursos humanos, gestión de proyectos y gestión financiera.

Durante este evento, se desarrollaron exposiciones magistrales y presentaciones de artículos científicos, con expertos internacionales. Destacamos la ponencia magistral de Silke Schönert, directora del Instituto de Excelencia en Gestión de Proyectos de la Universidad de Ciencias

Aplicadas de Colonia, Alemania, quien evidenció la importancia de la gestión de proyectos en el camino hacia la inteligencia futura. También las de Alexander Infantes, gerente general de Serpost, quien se encargó de presentar la relación entre el cross-border, el e-commerce y el servicio postal; Christopher Mejía, director de la red MIT SCALE para América Latina y El Caribe, quien presentó su ponencia “Sembrando innovación hoy, cosechando conocimiento mañana: redes de valor hiperconectadas”; Demis Verástegui, gerente global de Innovación, Tecnologías y Proyectos en Supply Chain del Grupo AJE, quien comentó sobre el proceso de innovación para el desarrollo de nuevos productos. Por su parte, Clara Pardo, consultora del Instituto Global de Crecimiento Verde en Colombia, resaltó la sostenibilidad e innovación como factores de éxito en los negocios, mientras que Claude Martinez, docente asociado del Instituto de Tecnología de la Universidad de Nantes, Francia, expuso sobre el control de sistemas de eventos discretos, aspectos de la gestión de la producción en presencia de restricciones de tiempo.

Otra ponencia magistral estuvo a cargo de Sabine Remmert, directora del Centro de Innovación y Startups de la Universidad Técnica de Darmstadt, Alemania, quien compartió su experiencia en la ponencia titulada “Engineer your future – Start-ups from Science. Best Practices from the Technical University of Darmstadt”, en la cual mostró las mejores prácticas desarrolladas en Alemania. Por su parte, Aníbal Torres, gerente de Administración y Finanzas del Grupo AJE en Camerún y Nigeria, presentó la ponencia “Herramientas y procesos de transformación digital para una planificación financiera ágil”, mientras que Alejandro Fiocco, director asociado en SLR Consulting, Reino Unido, destacó las tendencias y expectativas de la implementación de una estrategia de sostenibilidad efectiva. Asimismo, Diego Zuazo, director ejecutivo en J. P. Morgan, Estados Unidos, compartió su experiencia sobre las fusiones, adquisiciones y valoración de compañías; y Derek Fetzer, director de Customer Insights en Regeneron, Nueva York, Estados Unidos, presentó la ponencia “Posicionamiento: casos farmacéuticos”. Finalmente, Cinthya Vasquez, CEO & Founder de Theswapp LLC, Nueva York, y vicepresidente de Gestión Global de Productos en Citibank, comentó sobre la innovación de productos impulsada por la inteligencia artificial y el futuro de la Ingeniería Industrial.

La Universidad de Lima desarrolla líneas de investigación que permiten aplicar conocimiento en las empresas, generando un impacto positivo en la sociedad. Por tal motivo, considera imprescindible que las diversas investigaciones —en esta oportunidad relacionadas con la gestión de la ingeniería y la transformación digital— sean divulgadas. De esta manera, después de un proceso riguroso de revisión por pares ciegos, se seleccionaron artículos de autores de Colombia y Perú.

En ese sentido, destacamos la contribución de Rafael I. Plaza, quien presentó su ponencia “Unidos transformamos: aprovechando la IA para el éxito digital de las pymes peruanas”. Carlos Lopez-Torres-Orrego, Nicolás Herrera-Herrera y Alberto Flores-Perez, de la Universidad de Lima, presentaron la ponencia “Modelo de gestión de procesos basado en la

aplicación de BPM y CRM para incrementar la productividad en una entidad financiera”. Las autoras Johanna Mildred Méndez Sayago, Jorge Esau Tierradentro Cruz y Gina Vera Rizzo, del Programa de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas de la Fundación Universitaria del Área Andina, Colombia, evaluaron el cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura (BPM) en restaurantes en Colombia, analizando aspectos como la infraestructura, el manejo de equipos, el saneamiento y los procesos de fabricación.

Angela Calderón Morales y Erla Alejandra Concha Romero, de la Universidad de Lima, presentaron la investigación “Modelo de gestión de producción para mejorar la productividad en el saneamiento de alcachofas aplicando trabajo estándar y 5S: caso del sector agroindustrial en el Perú”, mientras que Ángel Jesús Torres Aliaga, Alexandra Vásquez Idrogo y María Teresa Noriega-Araníbar desarrollaron la investigación “Propuesta para mejorar la eficiencia y calidad del servicio de un almacén mediante SLP”, a través del caso del Programa de Complementación Alimentaria en la ciudad de Cajamarca, Perú. La presentación de Mauricio Aurelio Díaz Herrera, Giuseppe Taddey Calderón y Edilberto Ávalos-Ortecho, de la misma Universidad, abordó la problemática de la gestión comercial y la falta de pronóstico de ventas en una empresa comercializadora de equipos de protección personal, con la finalidad de implementar un modelo de mejora en la gestión comercial de una empresa del sector de servicios mediante el método sostac, integrando 5S y Machine Learning con arima.

Los investigadores Cinthia Lucero Ccalla Surco, Fiorella Munayco Rojas y José Antonio Taquíá Gutiérrez, de la Universidad de Lima, presentaron una “Mejora en la gestión de clientes en base a Revenue Management y RFM en una empresa de transporte interprovincial de pasajeros” Por su parte, Jimena Pinto Adriazola, Jimena Mc Farlane Camino y Rafael Chavez-Ugaz, presentaron una “Propuesta de mejora en la logística de entrada en una empresa importadora de automóviles utilizando Lean Management”, incluyendo kanban y VSM. Cabe resaltar la investigación de Martín García-Blásquez Carrillo, Yasser Ccoyllo Veneros y Edilberto Miguel Ávalos-Ortecho, quienes realizaron un estudio para mejorar la calidad del servicio en un restaurante, reduciendo el tiempo de atención mediante la metodología six sigma. Asimismo, los autores Orlando Sáenz Aguinaga, Adrián Paz Vega y Jorge Montoya Barragán propusieron “Estrategias de RSE para aumentar la sostenibilidad y mejorar la gestión de capital humano en una empresa constructora (pyme)”.

En su contribución “Lean Service y BPM para aumentar el nivel de servicio en una empresa del sector de las telecomunicaciones”, Carlos Arteaga, Xiomara Rosales y Silvia Ponce, reducen las ineficiencias en la resolución de fallas que afectan la confiabilidad del servicio y la satisfacción del cliente en una empresa de telecomunicaciones peruana, mediante la implementación de las metodologías Lean Service y Business Process Management (BPM). Por su parte, los autores Steffany Alejandra Ramos Jacobo, Luis Alonso Ricse Calderon y Elsie Bonilla Pastor presentaron una “Propuesta de mejora basada en Lean Manufacturing para reducir el índice de defectuosos en una pyme del sector óptico”. Los autores Matías Leo Forno, Rafaela Teixeira

Tortero y María Teresa Noriega-Aranibar, a través de su contribución “Modelo de operaciones aplicando TOC y SLP para incrementar el nivel de servicios en el área de emergencias de un centro de salud privado”, buscan reducir el tiempo total de atención por paciente en el área de emergencias de un centro de salud privado en Lima.

Finalmente, la “Mejora del cumplimiento de pedidos mediante triple suavización exponencial, ABC y programación lineal en una empresa de delivery de bebidas alcohólicas”, de los investigadores Ruth Angela Alarcon Carhuallanqui, Andrea del Pilar Merino Cafferata y Rafael Mauricio Villanueva Flores, se enfoca en el uso de herramientas de ingeniería para mejorar el cumplimiento, considerando las limitaciones enfrentadas por las empresas minoristas en el Perú.

Destacamos el aporte al conocimiento del libro de actas del III Congreso Internacional de Ingeniería Industrial en pro de la democratización de la importancia de la gestión en la profesión del ingeniero.

Reconocemos, asimismo, la labor de los miembros del Comité organizador por haber hecho realidad este evento, y agradecemos la labor de los revisores e investigadores, por su contribución al desarrollo de la investigación en nuestro país.

Dra. Ruth Vásquez Rivas Plata

Presidenta del Comité organizador
III Congreso Internacional de Ingeniería Industrial
CIII 2024

PONENCIAS

Unidos transformamos: aprovechando la IA para el éxito digital de las pymes peruanas

Rafael I. Plaza

<https://orcid.org/0009-0000-2575-4712>

Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas

Universidad de Lima, Perú

19930646@aloe.ulima.edu.pe

Recibido: 1 de julio del 2024 / Aceptado: 20 de septiembre del 2024

Publicado: 25 de abril del 2025

doi: <https://doi.org/10.26439/ciii2024.7782>

RESUMEN. La transformación digital es crucial para la competitividad e innovación de las empresas en el panorama tecnológico actual. Este estudio examina el papel de la inteligencia artificial (IA) en facilitar la transformación digital en las pequeñas y medianas empresas (pymes) en Perú. Considerando la brecha en la literatura sobre sus procesos de transformación digital, se desarrolla una encuesta basada en conceptos tradicionales, como las capacidades dinámicas y metodologías innovadoras proporcionadas por expertos en gestión de proyectos de IA. Las respuestas de 80 pymes se analizan con un modelo econométrico dProbit para identificar las barreras y oportunidades que enfrentan en la adopción de tecnologías IA. Los resultados enfatizan la importancia de las capacidades dinámicas, particularmente la de transformación, que involucra la renovación continua de los recursos de una pyme. Esta investigación mejora la comprensión de la importancia de fomentar una cultura de pensamiento colectivo y aprovechar la memoria organizacional no solo dentro de las pymes, sino también entre ellas. Dado que la transformación digital es un proceso evolutivo, requiere la aplicación de la memoria colectiva para navegar por sus complejidades y sostener su progreso a lo largo del tiempo. Esta investigación tiene implicaciones para las pymes que buscan fomentar redes de valor entre ellas.

PALABRAS CLAVE: transformación digital, inteligencia artificial, pymes, capacidades dinámicas, inteligencia colectiva

UNITED WE TRANSFORM: HARNESSING AI FOR PERUVIAN SMEs DIGITAL SUCCESS

ABSTRACT. Digital transformation is crucial for the competitiveness and innovation of businesses in today's rapidly evolving technological landscape. This study examines the critical role of Artificial Intelligence (AI) in facilitating digital transformation among small and medium-sized enterprises (SMEs) in Peru. Considering the gap in the current literature on the digital transformation processes of Peruvian SMEs, this study develops a survey grounded in traditional concepts such as dynamic capabilities and innovative methodologies derived from AI project management experts globally. The responses from 80 Peruvian SMEs are analyzed using a dProbit econometric model to identify the barriers and opportunities they face in adopting AI-driven technologies. The results emphasize the importance of dynamic capabilities, particularly the transforming capability, which involves the continuous renewal and strategic reconfiguration of a SME's resources. This research enhances understanding of the importance of nurturing a culture of collective thinking and leveraging organizational memory not only within individual SMEs but also among them. Since digital transformation is a continuous and evolving process, it requires the retention and application of collective memory to navigate its complexities and sustain progress over time. This research has also significant implications for SMEs seeking to foster value networks among themselves.

KEYWORDS: digital transformation, artificial intelligence, SMEs, dynamic capabilities, collective intelligence

1. INTRODUCCIÓN

El rápido avance e integración de las tecnologías de IA ha revolucionado el panorama empresarial, pues ha hecho que la transformación digital sea esencial para la supervivencia en una era en que las tecnologías evolucionan a una velocidad vertiginosa y los clientes esperan cada vez más soluciones innovadoras y eficientes, entregadas con rapidez y precisión (Akter et al., 2020). Esto es aplicable tanto para las grandes corporaciones multinacionales como para las pequeñas y medianas empresas (pymes) en Perú. La computación en la nube ha democratizado el acceso a herramientas poderosas, lo que ha permitido que empresas de todos los tamaños aprovechen la tecnología para su crecimiento e innovación (Sultan, 2013). Según Christensen et al. (2004), la computación en la nube encarna las características de una innovación disruptiva de “nuevo mercado”, pues atrae a clientes que previamente no podían acceder a productos similares debido a barreras de costo y complejidad. En consecuencia, esta disrupción permite a las pymes en Perú aprovechar la IA en su proceso de transformación digital, de modo que se crea un entorno empresarial altamente competitivo.

El Foro Económico Mundial estima que, para 2025, más de la mitad de la economía global estará impulsada por tecnologías digitales, lo que generará potencialmente treinta billones de dólares adicionales en ingresos (World Economic Forum, 2021). A pesar de esto, la madurez digital de las pymes se encuentra en una etapa incipiente (Williams et al., 2019). Su papel significativo en el marco productivo —el 99 % de las empresas formales en América Latina son pymes— y su contribución al empleo las convierten en actores centrales para garantizar la viabilidad y efectividad de la transformación digital (Dini & Stumpo, 2020). Esta transformación puede fomentar un crecimiento económico inclusivo y sostenible, al mismo tiempo que promueve la democracia en una sociedad algorítmica, donde las pymes peruanas no pueden quedar fuera de este proceso.

La definición de transformación digital del Gobierno peruano como un proceso disruptivo que implica cambios culturales, supone la adopción de nuevas tecnologías y la mejora continua de procesos (Presidencia del Consejo de Ministros [PCM], 2023). Al respecto, Fitzgerald et al. (2014) describen la transformación digital como el uso de nuevas tecnologías digitales para permitir mejoras significativas en los negocios. Por lo tanto, es crucial considerar las diversas herramientas disponibles para las pymes, que incluyan las tecnologías emergentes de IA y Generative AI. Asimismo, Morandín-Ahuerma (2022) define la IA como la capacidad de una máquina o sistema informático para simular y realizar tareas que requieren inteligencia humana. De este modo, las capacidades de la IA pueden beneficiar significativamente a las pymes mediante la innovación y la eficiencia. Sin embargo, muchas organizaciones están rezagadas en cuanto a su preparación para la IA debido a malentendidos sobre sus capacidades y los preparativos necesarios (Oehmen & Hielscher, 2023).

En este contexto, es crucial comprender cómo las pymes peruanas desarrollan factores que impulsan la transformación digital mediante la adopción de IA. Este estudio utiliza un modelo empírico que emplea el marco de capacidades dinámicas de Teece para evaluar el estado de preparación de las pymes en Perú para la adopción de IA. Las respuestas de la encuesta de 80 pymes peruanas, diseñadas por gerentes de proyectos de Amazon Web Services (AWS), revelaron que las capacidades de captura y transformación afectan positivamente y de manera significativa la adopción de IA, mientras que la capacidad de detección no lo hace. Estos hallazgos sugieren que la capacidad de aprovechar nuevas oportunidades y transformar recursos y operaciones son críticas para la adopción de IA entre las pymes peruanas. El resto del artículo abarca la metodología, que incluye el diseño de la encuesta y la construcción del modelo; presenta resultados del análisis de regresión dProbit y discute estos hallazgos, y concluye con un resumen de las contribuciones y sugerencias para investigaciones futuras.

2. METODOLOGÍA

Diversos científicos han desarrollado escalas empíricas que incorporan parámetros cualitativos y cuantitativos para evaluar la preparación de una organización para la transformación digital, entre ellos los trabajos de Castelo-Branco et al. (2019) y Okfalisa et al. (2021). Sin embargo, estas escalas están orientadas principalmente a tecnologías digitales en grandes corporaciones, empresas *start-up* o gigantes tecnológicos como GAFA (Google, Apple, Facebook, Amazon). Las pymes peruanas enfrentan desafíos para aplicar varios de los criterios de estas escalas comprensivas, con pocos estudios centrados en las pymes de industrias tradicionales. Por lo tanto, se necesita una nueva escala adaptada específicamente a las pymes peruanas.

Para lograr esto, se desarrolló un nuevo modelo que combina el concepto de capacidades dinámicas de Teece (2014) con experiencias recientes de implementación de IA por parte de AWS, que utiliza “El Espectro de Preparación para la IA: Una Lista de Verificación para Líderes” de Viana Vargas y Nieto-Rodríguez (2023). De forma general, una capacidad consiste en procesos y actividades aprendidas que permiten a una empresa lograr resultados específicos. A partir de ello, las capacidades dinámicas se refieren a los procesos únicos que las empresas desarrollan para adaptarse a entornos en rápida evolución, los cuales están profundamente arraigados en la cultura de la empresa, lo que los hace difíciles de replicar por los competidores. Teece (2014) identifica tres componentes de las capacidades dinámicas: reconocer oportunidades y amenazas, movilizar recursos para capturar valor y renovar continuamente los activos de la organización para mantener la competitividad. Por ejemplo, cada cevichería en Lima domina la preparación del ceviche a través de cursos culinarios. En contraste, para mantener el dominio de la marca en Perú, a pesar de la competencia global de Coca-Cola, Inca Kola demuestra una capacidad dinámica que proviene de una comprensión profunda de los gustos locales desarrollada durante décadas. El marco de Teece identifica tres factores clave

esenciales para la capacidad de una empresa de adaptarse y prosperar en entornos que cambian rápidamente: detección, captura y transformación. La detección implica identificar y evaluar oportunidades y amenazas en el entorno empresarial. La captura se refiere a movilizar recursos para aprovechar estas oportunidades y mitigar amenazas. La transformación implica la renovación continua de los activos, capacidades y estructura organizativa de la empresa para mantener una ventaja competitiva.

Tabla 1

Modelo de capacidades de preparación para la IA en pymes peruanas

Dimensión	Variable	Pregunta	Etiqueta
Captura	Presupuesto	¿Nuestra empresa tiene los recursos financieros para implementar IA?	BDGT
Detección	Mejores prácticas	¿Nuestra empresa se beneficia de la guía y mejores prácticas del Gobierno, instituciones de investigación y proveedores tecnológicos?	BEST
Detección	Entendimiento	¿Nuestra empresa entiende la naturaleza de la IA y su impacto potencial en nuestro negocio?	UNDR
Detección	Clientes	¿Nuestros clientes esperan soluciones innovadoras y eficientes?	CUST
Transformación	Entrenamiento	¿Nuestros empleados han recibido entrenamiento sobre cómo usar IA?	TRNG
Transformación	Pensamiento colectivo	¿Nuestra empresa promueve el pensamiento colectivo y utiliza la memoria colectiva para la toma de decisiones?	COLT

Nota. Adaptado de “A dynamic capabilities-based entrepreneurial theory of the multinational enterprise” por Teece, 2014, *Journal of International Business Studies*, 45(1), 8-37.

El marco de capacidades dinámicas se integra con la lista de verificación para líderes del espectro de preparación para la IA de AWS. Esta lista de verificación incluye ocho preguntas críticas diseñadas para identificar los problemas clave para la preparación en la adopción de IA. Viana Vargas y Nieto-Rodríguez enfatizan que la principal incertidumbre no radica en la decisión de adoptar IA, sino en la preparación y disposición de la organización para abrazarla. En consecuencia, se deriva un modelo adaptado para las pymes peruanas, que incorpora tres dimensiones basadas en capacidades dinámicas y seis variables alineadas con preguntas del espectro de preparación para la IA de AWS (ver Tabla 1).

Para construir las variables del modelo, se utilizó el marco de trabajo de AWS, que minimizó las preguntas a las esenciales, debido a la reticencia de las pymes peruanas a compartir información detallada. Expertos, incluidos proveedores de *software*, desarrolladores de fábricas y académicos de la Universidad de Lima, Cofide y el Instituto Alan Turing, refinaron estas

preguntas, las cuales resultaron en seis variables observadas. Se desarrolló un cuestionario con una escala de Likert y luego se distribuyó a los participantes a través de Typeform.

La población estadística en esta investigación incluye a todas las pymes en Perú. Dado el tiempo y los recursos limitados, este estudio se centró en pymes de Lima Metropolitana según su identificación de contribuyente. El estudio se realizó durante cuatro semanas en 2024. Con el uso de la fórmula de Cochran, se envió la encuesta a 150 participantes, de los cuales 80 la completaron sin errores. Los encuestados incluyeron los CEO y los CIO de los sectores de comercio, servicios y manufactura.

El análisis de datos posterior a la recopilación se realizó con Python y se aplicó el alfa de Cronbach para evaluar la fiabilidad. Las escalas de detección y transformación mostraron una fiabilidad aceptable con valores de 0,766 y 0,844, respectivamente, pero la escala de captura mostró una fiabilidad más baja (0,447). La medida Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) de adecuación de muestreo fue de 0,849, lo que indica la idoneidad de los datos para el análisis factorial. A pesar de la menor fiabilidad de captura, los factores originales se mantuvieron por consistencia teórica y comparabilidad con estudios anteriores. Una comparación estadística entre modelos que combinan los factores de captura y transformación, y mantienen los factores originales mostró mejores valores de AIC y BIC para el modelo redefinido, pero una mayor verosimilitud y pseudo R cuadrado para el modelo original. El modelo original se retuvo por consistencia teórica, relevancia práctica y comparabilidad.

Para evaluar la preparación de las pymes peruanas en la adopción de Inteligencia Artificial (IA), se usa un modelo dProbit con el *software* Stata. Las capacidades dinámicas se utilizaron como variables independientes. Estas variables independientes se derivaron de las respuestas al cuestionario, calculadas como el promedio aritmético de todas las preguntas respondidas por cada encuestado.

$$\Phi^{-1}\{P(Y = 1|X)\} = \beta_0 + \beta_1 * SEIZING + \beta_2 * SENSING + \beta_3 * TRANSFORMING$$

La variable dependiente del modelo se construyó a partir de tres preguntas objetivas en la encuesta. Estas fueron diseñadas para identificar la adopción de tecnologías de IA en diversas áreas de las operaciones de una empresa, como se describe en la Tabla 2.

Estas preguntas requerían respuestas binarias (sí o no). Para la variable ficticia adopción de IA, se asignó un valor de 1 si al menos una de las tres preguntas recibía una respuesta afirmativa. De lo contrario, se asignaba un valor de 0 a la variable ficticia.

Tabla 2*Diseño de la variable endógena ficticia adopción de IA*

Pregunta de la encuesta	Opción de respuesta
¿Su empresa utiliza tecnologías de IA para el servicio al cliente (por ejemplo, chatbots, respuestas automatizadas)?	Sí / No
¿Su organización ha implementado soluciones basadas en IA para procesos operativos (por ejemplo, mantenimiento predictivo, optimización de la cadena de suministro)?	Sí / No
¿Su empresa utiliza herramientas de IA para el análisis de datos y la toma de decisiones (por ejemplo, algoritmos de aprendizaje automático, análisis predictivo)?	Sí / No

3. RESULTADOS

Basado en los resultados presentados en la Tabla 3, el factor de captura mantiene una relación positiva con la adopción de IA. Específicamente, el efecto marginal de captura es 0,3009 ($p = 0,035$), lo que indica un efecto positivo y significativo en la adopción de IA. Esto sugiere que, a medida que aumenta la capacidad de captura, también incrementa la probabilidad de adopción de IA.

El factor de detección no muestra una relación significativa con la adopción de IA. El efecto marginal de detección es -0,1456 ($p = 0,118$), lo cual no es estadísticamente significativo. Esto indica que los cambios en la capacidad de detección no impactan significativamente en la probabilidad de adopción de IA en esta muestra.

El factor de transformación muestra una relación fuerte y significativa con la adopción de IA. El efecto marginal de transformación es 0,5730 ($p = 0,000$), lo que indica un efecto positivo y altamente significativo en la adopción de IA. Esto implica que las mejoras en la capacidad de transformación aumentan considerablemente la probabilidad de adopción de IA.

Tabla 3*Resultados del modelo dProbit*

Variable	Marginal effect	Std. Error	z-value	P> z
Seizing	0.3009	0.1494	2.11	0.035
Sensing	-0.1456	0.0913	-1.56	0.118
Transforming	0.573	0.1497	3.74	0.000

Las estadísticas de ajuste del modelo indican que el modelo dProbit proporciona un buen ajuste a los datos. El valor de la log-verosimilitud disminuyó de -54,825137 en la iteración inicial a -13,069805 después de seis iteraciones, lo que demostró convergencia. El valor de chi-cuadrado de la razón de verosimilitudes de 83,51 ($p = 0,000$) indica que el modelo es estadísticamente significativo en general. El valor de pseudo R cuadrado de 0,7616 sugiere que el modelo explica una parte sustancial de la varianza en la adopción de IA.

4. DISCUSIÓN

Como parte del estudio, se desarrolló un modelo empírico que permitió concluir que las capacidades dinámicas tienen un efecto significativo en la adopción de inteligencia artificial por parte de las pymes peruanas. Las capacidades dinámicas permiten a las empresas innovar y adaptarse a los cambios en su entorno mediante tres mecanismos principales (Teece, 2007): detección, captura y transformación (ver Tabla 4).

En cuanto a la captura, las pymes de América Latina enfrentan problemas persistentes en financiamiento y capacitación, críticos para su desarrollo (Dini & Stumpo, 2020). A pesar de medidas de alto impacto como el programa Reactiva Perú e inversiones en centros de desarrollo tecnológico como el Programa Regional de Irrigación y Desarrollo Rural Integrado (Prider) y el fondo de capital para emprendimientos innovadores (FCEI) de Cofide, persisten las brechas digitales. El plan de Perú para la transformación digital y el gobierno electrónico necesita intervenciones específicas para mejorar la competitividad digital y reducir la brecha tecnológica (Centro Nacional de Planeamiento Estratégico [Ceplan], 2023). Los centros de desarrollo empresarial que colaboran con centros de transferencia tecnológica representan pasos iniciales hacia este objetivo, pero requieren una mayor consolidación. La capacidad de captura implica movilizar recursos para abordar oportunidades y capturar valor. El impacto limitado de esta capacidad en la adopción de IA por parte de las pymes peruanas puede atribuirse a factores como las mejores prácticas provenientes de grandes corporaciones internacionales con recursos, infraestructura y educación superiores (Mittal et al., 2018). Estas prácticas a menudo llegan a través de grandes empresas tecnológicas que venden sus servicios, lo que las hace menos aplicables a las pymes peruanas. Además, la situación económica y política en Perú en el momento del estudio resultó en márgenes de ganancia ajustados para las pymes, lo que hace que la inversión en IA sea una prioridad secundaria.

Tabla 4
Efectos de las capacidades dinámicas en la adopción de IA por las pymes peruanas

Capacidad dinámica	Descripción	Variable utilizada	Efecto en la adopción de IA	¿Es estadísticamente significativo?
Captura	La movilización de recursos para abordar necesidades y oportunidades y capturar valor de hacer las cosas bien	Presupuesto: nuestra empresa tiene los recursos financieros para implementar soluciones de IA Buenas prácticas: nuestra empresa se beneficia de la orientación y mejores prácticas de pares, consultores e instituciones de investigación	Positivo, pero débil (0,3009)	Sí (p = 0,04)
Detección	La identificación, desarrollo y entendimiento de las oportunidades y el conocimiento en relación con las necesidades de los clientes	Comprensión: nuestra empresa entiende la naturaleza de la IA y su impacto en nuestro negocio Clientes: nuestros clientes esperan innovación y soluciones automatizadas	Negativo, pero débil (-0,1456)	No (p = 0,12)
Transformación	La renovación continua de la empresa a medida que se reorganizan sus recursos estratégicamente para adaptarse a nuevas oportunidades y responder a amenazas	Aprendizaje: los empleados han recibido capacitación sobre cómo aprovechar las nuevas tecnologías Pensamiento colectivo: nuestra empresa promueve el pensamiento colectivo y aprovecha la memoria colectiva para una toma de decisiones efectiva	Positivo y fuerte (0,5730)	Sí (p = 0,00)

La detección, que implica identificar y evaluar oportunidades tecnológicas en relación con las necesidades de los clientes, es crucial para la implementación de IA (Viana Vargas & Nieto-Rodríguez, 2023). Muchas organizaciones entienden de manera fundamentalmente errónea la naturaleza y las aplicaciones comerciales de la IA, lo que limita su potencial de crecimiento (North et al., 2019). Por ejemplo, el Banco de Crédito del Perú (BCP) lanzó con éxito

Yape, una aplicación de pagos móviles que revolucionó las transacciones en Perú al satisfacer la demanda de soluciones de pago rápidas, seguras y convenientes. A pesar de la expectativa de que la adopción de IA por parte de las pymes sea central para sus relaciones con los clientes y su capacidad para responder a los cambios tecnológicos, nuestro modelo muestra que esta capacidad no es estadísticamente significativa. Esto podría deberse a una brecha entre la percepción y la realidad: los líderes de las pymes pueden pensar que entienden la IA, pero carecen de conocimiento práctico para su implementación efectiva. El exceso de confianza podría llevar a niveles de preparación informados incorrectamente y a la creación de distorsiones estadísticas. Además, el contexto económico y político de Perú puede desviar el enfoque de las capacidades de detección hacia preocupaciones operativas más inmediatas, lo que contribuye a esta discrepancia.

En cuanto a la transformación, esta capacidad emerge como un factor crítico para explicar la adopción de IA por parte de las pymes peruanas. Esta capacidad influye significativamente en la adopción de IA a través de su capacidad para aprovechar las redes empresariales y cultivar la inteligencia colectiva dentro y entre las organizaciones. En el contexto de la IA, la redefinición de redes de valor no solo aumenta el potencial de innovación de una empresa, sino que también capitaliza la inteligencia colectiva de sus partes interesadas (Malik & Malik, 2011). La inteligencia colectiva es vital en el caso de las pymes peruanas, ya que permite la agregación de conocimientos, habilidades y perspectivas diversas, lo que conduce a procesos de toma de decisiones y resolución de problemas más sólidos. La memoria organizacional en la creación de una ventaja competitiva sostenible (Teece, 2014) es crucial, ya que la transformación digital se impulsa por innovaciones tecnológicas continuas en lugar de la aparición de tecnologías completamente nuevas (Kim et al., 2021), lo que requiere que las pymes persigan su propia transformación en lugar de simplemente adoptar nuevas tecnologías. La inteligencia colectiva juega un papel fundamental para facilitar el aprendizaje y la adaptación continuos. Cuando las pymes contratan nuevos roles analíticos, es imperativo que estos individuos se integren en la cultura organizacional. Para tener éxito, deben integrarse en el conocimiento colectivo y la memoria organizacional. Esta integración asegura que los nuevos empleados estén al tanto de errores pasados y contribuyan a evitar su repetición. Un ejemplo de la influencia de la capacidad de transformación es particularmente evidente en el caso de la plataforma digital del sector agrícola Agros, un mercado digital que conecta directamente a pequeños agricultores con compradores (es decir, elimina a los intermediarios tradicionales). Esta plataforma aprovecha la inteligencia colectiva de la comunidad agrícola al integrar diversas aportaciones de agricultores, compradores y expertos agrícolas para optimizar las cadenas de suministro y el acceso al mercado.

Si bien el diseño del estudio está adaptado para las pymes peruanas y ofrece resultados empíricos significativos e implicancias prácticas, tiene limitaciones inherentes. El tamaño de la muestra de 80 pymes peruanas está por debajo del requisito de 174 para detectar un tamaño de efecto de 0,3 con un poder del 80 % al nivel de significancia de 0,05. Se realizaron análisis de sensibilidad y verificaciones de regresión logística para garantizar la robustez, pero se

recomiendan tamaños de muestra más grandes para investigaciones futuras, que incluyan pymes fuera de Lima Metropolitana. Además, el enfoque del modelo en las capacidades dinámicas (captura, detección y transformación) podría omitir otros factores que influyen en la adopción de IA. Incluir variables relacionadas con la preparación organizacional, factores ambientales externos e infraestructura tecnológica podría proporcionar una comprensión más completa.

5. CONCLUSIONES

Este estudio exploró el impacto de las capacidades dinámicas como impulsoras de la adopción de IA por parte de las pymes peruanas, donde se destacó su papel en la transformación digital. Los hallazgos indican que la capacidad de transformación, que implica la renovación y reconfiguración de recursos, mejora significativamente la adopción de IA; por lo tanto, el pensamiento colectivo y la memoria organizacional son fundamentales para la transformación digital.

Las implicancias gerenciales del estudio enfatizan la importancia de fomentar una cultura de colaboración y aprovechar la inteligencia y memoria colectivas. Los gerentes deben priorizar el aprendizaje continuo y la reconfiguración estratégica de recursos para adaptarse a los avances tecnológicos. Las implicancias prácticas incluyen invertir en programas de capacitación y desarrollar marcos para capturar la memoria organizacional. Los formuladores de políticas deben apoyar iniciativas que fortalezcan las capacidades de transformación digital y proporcionar recursos financieros, como subvenciones y préstamos a bajo interés. Al implementar estas estrategias, las pymes pueden superar las barreras de la transformación digital y mejorar su competitividad global.

Se deben realizar estudios de seguimiento para explorar más a fondo el papel crítico de la capacidad de transformación en la adopción de IA entre las pymes. Dado el significativo impacto de las capacidades de transformación en la integración exitosa de IA, es esencial investigar cómo la renovación continua y la reconfiguración estratégica de recursos impulsan la transformación digital. Además, la investigación futura debería profundizar en el impacto de las redes de valor y la inteligencia colectiva en la adopción de IA. Comprender cómo las redes empresariales y la agregación de conocimientos, habilidades y perspectivas diversas contribuyen a una toma de decisiones y resolución de problemas sólidas, proporcionará ideas valiosas. Los estudios empíricos deben examinar estas dinámicas en diferentes industrias y contextos institucionales para desarrollar una comprensión integral de cómo las capacidades de transformación y la inteligencia colectiva fomentan la transformación digital exitosa y ofrecen ventajas competitivas sostenibles.

Otra posible vía de investigación es el desarrollo de un manual integral que describa la ingeniería de redes de valor específicamente adaptadas para las pymes peruanas. Este manual debe detallar las características y los participantes clave involucrados, tales como socios industriales, proveedores de tecnología, instituciones académicas y organismos gubernamentales.

Debe, además, proporcionar pautas sobre cómo fomentar la colaboración, integrar perspectivas diversas y aprovechar la inteligencia colectiva para mejorar la innovación y la transformación digital.

Financiamiento y conflictos de interés

Esta investigación no recibió financiamiento y no existen conflictos de interés que declarar.

REFERENCIAS

- Akter, S., Michael, K., Uddin, M. R., McCarthy, G., & Rahman, M. (2020). Transforming business using digital innovations: the application of AI, blockchain, cloud, and data analytics. *Annals of Operations Research*, 308, 7-39. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03620-w>
- Castelo-Branco, I., Cruz-Jesus, F., & Oliveira, T. (2019). Assessing Industry 4.0 readiness in manufacturing: Evidence for the European Union. *Computers in Industry*, 107, 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.01.007>
- Centro Nacional de Planeamiento Estratégico. (2023). *Transformación digital: Panorama actual y principales perspectivas*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5623538/4984523-ceplan-transformacion-digital-panorama-actual-y-principales-perspectivas.pdf>
- Christensen, C. M., Anthony, S. D., & Roth, E. A. (2004). *Seeing what's next: Using the theories of innovation to predict industry change*. Harvard Business School Press.
- Dini, M., & Stumpo, G. (Coords.). (2020). *Mipymes en América Latina: un frágil desempeño y nuevos desafíos para las políticas de fomento*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/cbe085f5-48c5-4458-a158-b5c07f3c9c91>
- Fitzgerald, M., Kruschwitz, N., Bonnet, D., & Welch, M. (2014). Embracing digital technology: A new strategic imperative. *MIT Sloan Management Review*, 55(2), 1-12. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/embracing-digital-technology-new-strategic/docview/1475566392/se-2>
- Kim, S., Choi, B., & Lew, Y. K. (2021). Where is the age of digitalization heading? The meaning, characteristics, and implications of contemporary digital transformation. *Sustainability*, 13(16), 8909. <https://doi.org/10.3390/su13168909>

- Malik, H., & Malik, A. S. (2011). Towards identifying the challenges associated with emerging large scale social networks. *Procedia Computer Science*, 5, 458-465. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2011.07.059>
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194-214. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>
- Morandín-Ahuerma, F. (2022). What is artificial intelligence? *International Journal of Research Publication and Reviews*, 3(12), 1947-1951. <https://doi.org/10.55248/gengpi.2022.31261>
- North, K., Aramburu, N., Lorenzo, O., & Zubillaga Rego, A. (2019, 5-7 de junio). *Digital maturity and growth of SMEs: A survey of firms in the Basque country (Spain)* [Presentación de escrito]. Finland of International Forum on Knowledge Assets Dynamics, Matera, Italia.
- Oehmen, J., & Hielscher, U. (2023). The five questions to answer in your digitalization strategy. In *The Digital Transformation Playbook* (2.^a ed., pp. 113-122). Project Management Institute.
- Okfalisa, O., Anggraini, W., Nawanir, G., Saktioto, S. & Wong, K. Y. (2021). Measuring the effects of different factors influencing on the readiness of SMEs towards digitalization: A multiple perspectives design of decision support system. *Decision Science Letters*, 10(3), 425-442. <http://dx.doi.org/10.5267/j.dsl.2021.1.002>
- Sultan, N. (2013). Cloud computing: A democratizing force? *International Journal of Information Management*, 33(5), 810-815. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2013.05.010>
- Teece, D. J. (2014). A dynamic capabilities-based entrepreneurial theory of the multinational enterprise. *Journal of International Business Studies*, 45, 8-37. <https://doi.org/10.1057/jibs.2013.54>
- Viana Vargas, R., & Nieto-Rodríguez, R. (2023). Are you willing and ready to embrace AI? In *The Digital Transformation Playbook - What You Need to Know and Do*. Thinkers50, Project Management Institute.
- Williams, C., Schallmo, D., Lang, K., & Boardman, L. (2019, 16-19 de junio). *Digital maturity models for small and medium-sized enterprises: A systematic literature review* [Presentación de escrito]. The ISPIM Innovation Conference, Celebrating Innovation: 500 Years Since da Vinci, Florencia, Italia.

World Economic Forum. (2016, 21 de enero). *100 trillion by 2025: The digital dividend for society and business*. <https://www.weforum.org/press/2016/01/100-trillion-by-2025-the-digital-dividend-for-society-and-business/>

Modelo de gestión de procesos basado en la aplicación de BPM y CRM para incrementar la productividad en una entidad financiera

Carlos Lopez-Torres-Orrego

<https://orcid.org/0009-0008-5052-0457>

Carrera de Ingeniería Industrial

Universidad de Lima, Perú

20191154@aloe.ulima.edu.pe

Nicolas Herrera-Herrera

<https://orcid.org/0009-0005-9934-0877>

Carrera de Ingeniería Industrial

Universidad de Lima, Perú

201930939@aloe.ulima.edu.pe

Alberto Flores-Perez

<https://orcid.org/0000-0003-0813-0662>

Carrera de Ingeniería Industrial

Universidad de Lima, Perú

alflores@ulima.edu.pe

Recibido: 8 de julio del 2024 / Aceptado: 19 de septiembre del 2024

Publicado: 25 de abril del 2025

doi: <https://doi.org/10.26439/ciii2024.7783>

RESUMEN. Este estudio identificó las ineficiencias en el área de un banco con el propósito de mejorar la productividad. Se diseñó un modelo que integra la metodología *business process management* (BPM) y *customer relationship management* (CRM) para optimizar el procesamiento de documentos. Las causas principales identificadas fueron la falta de automatización de procedimientos manuales, la presencia de cuellos de botella y una carga laboral inequitativa. El BPM permitió la formulación de un modelo que podrá optimizar el proceso actual y mitigar las causas identificadas, mientras que el CRM será la pieza clave en la automatización de

procesos. Gracias a una simulación, se concluyó un incremento potencial de la productividad mensual en un 14,38 % y una reducción del 38,5 % en los documentos pendientes. Los resultados fueron validados estadísticamente mediante la prueba t de Student, lo que solidificó la efectividad del modelo. En adición, se realizó una evaluación económica, que aseguró la rentabilidad del modelo y su implementación; se resaltó un valor actual neto (VAN) de PEN 62 527,76 y una tasa interna de retorno (TIR) del 91,65 %. Finalmente, el modelo se validó social y ambientalmente.

PALABRAS CLAVE: BPM, CRM, productividad, optimización de procesos, entidad financiera

PROCESS MANAGEMENT MODEL BASED ON THE APPLICATION OF BPM AND CRM TO INCREASE THE PRODUCTIVITY OF A FINANCIAL ENTITY

ABSTRACT. This study identified the operational inefficiencies in a bank with the objective of improving productivity. A model integrating Business Process Management (BPM) methodology and Customer Relationship Management (CRM) was designed to optimize document processing. The main causes identified were the lack of automatization in manual procedures, the presence of a bottleneck, and an inequitable workload. BPM enabled the formulation of an improvement model that will optimize the process by addressing the identified causes, while CRM will be the key component in task automatization. Through a simulation, results showed a potential 14,38 % increase in monthly productivity and a 38,5 % reduction in pending documents. These results were statistically validated using the T-Student test, solidifying the model's effectiveness. Additionally, an economic evaluation ensured the model's implementation profitability, highlighting a net present value (NPV) of PEN 62 527,76 and an internal rate of return (IRR) of 91,65 %. Lastly, a social and environmental validation was conducted.

KEYWORDS: BPM, CRM, productivity, process optimization, financial entity

1. INTRODUCCIÓN

La eficiencia operativa es crucial para la competitividad de las entidades financieras. Al analizar el estado actual (*as is*) de un departamento en un banco peruano, se reveló que el 10,8 % de los productos entrantes permanecen pendientes, lo que destaca deficiencias en la productividad. Esto se debe a procedimientos manuales, una carga de trabajo inequitativa y la presencia de cuellos de botella.

El objetivo principal es desarrollar un modelo que integre las metodologías *business process management* (BPM) y *customer relationship management* (CRM) para mejorar la productividad. La pregunta de investigación es la siguiente: ¿cómo impacta en la productividad de una entidad financiera un modelo de gestión de procesos basado en la aplicación de BPM y CRM? La hipótesis plantea que el modelo incrementará la productividad.

Se recopilieron casos de éxito en investigaciones previas. En ese sentido, se destacaron estudios como el de Bustillos-Andia et al. (2022), el cual logró una reducción del 12,88 % en el tiempo de espera mediante la aplicación de BPM; y el de Tellez-Risco et al. (2022), que alcanzó una reducción del 28,84 % en el ciclo de ventas. Incluso, Lokesh et al. (2023) mejoraron la gestión de relaciones con clientes en un 92 % en bancos tras la implementación de CRM y Suoniemi et al. (2021) afirmaron que el CRM tiene un impacto positivo en la productividad organizacional. Además, Liu (2015) adaptó el CRM como una base de datos categorizada. Es relevante indicar que existe una brecha de conocimiento con respecto a la efectividad de un modelo que integre tanto BPM como CRM. De hecho, este modelo no solo tendrá un impacto positivo en el banco, sino que también establecerá un nuevo estándar para las entidades financieras que enfrentan desafíos similares.

El artículo sigue las etapas de análisis del problema y la metodología utilizada, el diseño del modelo de mejora propuesto, los resultados obtenidos, la validación estadística, económica, social, ambiental, la discusión de los hallazgos y las conclusiones de la investigación.

2. METODOLOGÍA

El modelo de mejora tiene como objetivo aumentar la productividad mediante la optimización del proceso principal y la automatización de un subproceso. La variable dependiente de la investigación es la productividad, mientras que las variables independientes son BPM y CRM.

Para identificar oportunidades de mejora, se entrevistó a los supervisores del área y se analizaron los datos proporcionados. Se identificó que el área fue diseñada para once trabajadores, pero actualmente solo cuenta con diez, lo cual los lleva a trabajar horas extras de manera recurrente.

La investigación se dividió en tres componentes: análisis y modelado de procesos, optimización de procesos y validación de la mejora del modelado. En el primer componente,

se examinó el estado actual y se identificaron las causas raíz. En el segundo componente, se diseñó el modelo de mejora con el uso de BPM para reestructurar el proceso, de modo que se elimine el cuello de botella identificado y se equilibre la carga de trabajo (Gudelj et al., 2021). Considerando la implementación del CRM, se creó un diagrama BPM para representar gráficamente el modelo de mejora propuesto (Ubaid & Dweiri, 2020) y se simuló en el *software* Arena. En el tercer componente, se realizó una validación estadística y económica.

El conjunto de etapas del BPM es conocido como el ciclo BPM (Ovalle Paulino, 2022). La Tabla 1 muestra una representación gráfica de las etapas seguidas en esta investigación.

Tabla 1
Modelo propuesto

Input	Modelo de mejora integrando BPM y CRM				Output
Baja productividad	Fases				Mejora en la productividad
	Descubrimiento	Análisis	Diseño	Validación	
Presencia de cuellos de botella		Diagrama de Ishikawa			Eliminación de cuellos de botella
Inequidad en la carga laboral		Diagrama de Pareto	BPMN		Carga laboral balanceada
Procesos manuales y repetitivos	Flujograma	Árbol de problemas	BPM	"Output Analyzer"	Automatización de procesos
Presencia de productos pendientes		"Input Analyzer"	CRM	Minitab @Risk	Reducción de productos pendientes
		Arena simulator	Arena simulator		

En el área se procesan diecisiete productos, pero para obtener resultados más precisos, el modelo de mejora se diseñó en base a un solo producto. Este fue elegido mediante un *ranking* de factores, a partir del cual se concluyó que el producto más adecuado es el préstamo comercial, con una diferencia de 0,43 puntos por encima de los otros tres productos analizados. Se consideraron dos indicadores: productos procesados y productos pendientes. La variación de estos indicadores determinó la efectividad del modelo propuesto.

3. RESULTADOS

Se trazó el modelo actual (*as is*) y las distribuciones para cada actividad se calcularon introduciendo el estudio de tiempos con la herramienta "Input Analyzer". Se obtuvieron diversas distribuciones, como la uniforme, triangular, exponencial y normal. La representación se muestra en la Figura 1.

Gracias al análisis BPM, se identificaron las causas raíz mencionadas previamente y se determinó que la implementación de CRM podría automatizar el subproceso de atención de requerimientos. Al respecto, este comienza cuando otro departamento solicita un documento archivado en el área analizada. Se trata de un subproceso manual y repetitivo, ya que se reciben alrededor de cien solicitudes por día, lo que demanda grandes cantidades de tiempo y, por lo tanto, limita la resolución de tareas pendientes en el proceso principal.

Esta automatización liberaría un promedio de 15,36 horas diarias. Al dividir este tiempo entre los diecisiete productos del área, cada producto ganaría 0,904 horas adicionales por día.

En el modelo de mejora, se reasignaron responsabilidades para reducir los tiempos muertos en un 12,19 % y se agregaron actividades para implementar el CRM en el proceso (Satyal et al., 2019). Para eliminar el cuello de botella identificado en los procesos 1 y 2, se añadió el proceso 17, lo que redistribuye la carga de trabajo en esta actividad entre tres trabajadores en lugar de dos. En consecuencia, se redujo el tiempo de espera y la presencia de este cuello de botella. El “Output Analyzer” determinó un total de 1094 replicaciones para asegurar un margen de error del 30 % en la simulación. Estas mejoras se muestran en la Figura 2.

Figura 1
Representación gráfica del modelo actual

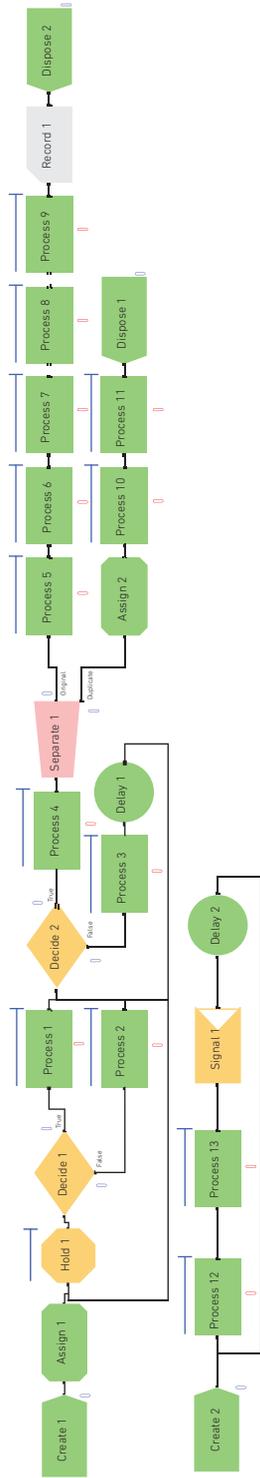


Figura 2
Representación gráfica del modelo de mejora

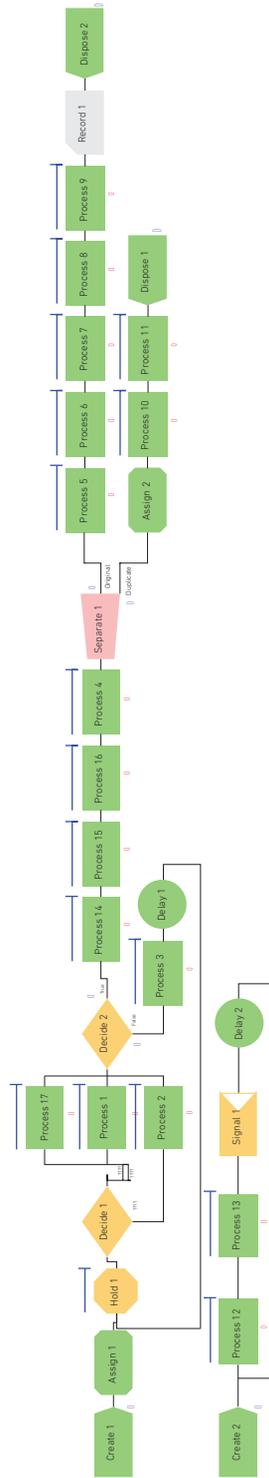


Tabla 2*Comparación de indicadores*

Indicadores	Valor del modelo actual (préstamos)	Valor del modelo de mejora (préstamos)	Variación porcentual
Número promedio de préstamos archivados	294,20	336,50	+14,38 %
Préstamos pendientes al final del mes	77,88	47,9	-38,5 %

La Tabla 2 muestra la mejora porcentual de los principales indicadores. Para obtener la productividad mensual, el número promedio de préstamos archivados se dividió entre el tiempo dedicado a los préstamos en un mes, que es de 25,33 horas. Este cálculo mostró una productividad de 11,61 préstamos por hora en el modelo actual y una productividad final de 13,28 préstamos por hora en el modelo de mejora.

Tabla 3*Indicador de utilización de cada trabajador*

Trabajador	Utilización en el modelo actual	Utilización en el modelo de mejora
1	66,20 %	36,21 %
2	95,20 %	36,35 %
3	31,65 %	50,10 %
4	29,86 %	53,17 %
5	72,17 %	48,43 %
6	35,64 %	49,98 %
7	43,95 %	56,01 %
8	93,76 %	60,08 %
9	52,09 %	53,99 %
10	87,31 %	41,60 %

Como se muestra en la Tabla 3, la variabilidad extrema en la carga de trabajo fue reducida a un rango de entre 36,21 % y 60,08 %. Una vez que la carga de trabajo haya sido homogeneizada, se recomienda aumentar las tareas de los trabajadores para elevar su utilización hasta un 90 %. Consecuentemente, se realizó una validación estadística con el *software* Minitab, el cual confirmó la normalidad de los resultados con un valor p mayor a 0,004. Luego, se llevó a cabo la prueba t de Student, que ratificó la diferencia estadística de las medias en cada indicador.

Tabla 4
Costo de implementación

Costo de implementación			
Concepto	Costo unitario (PEN)	Cantidad	Costo total (PEN)
Licencia CRM	403,92	1	403,92
Curso de capacitación	64,90	1	64,90
Trabajadores temporales	12 000	2	24 000
Escáneres de documentos	2000	2	4000
			28 468,82

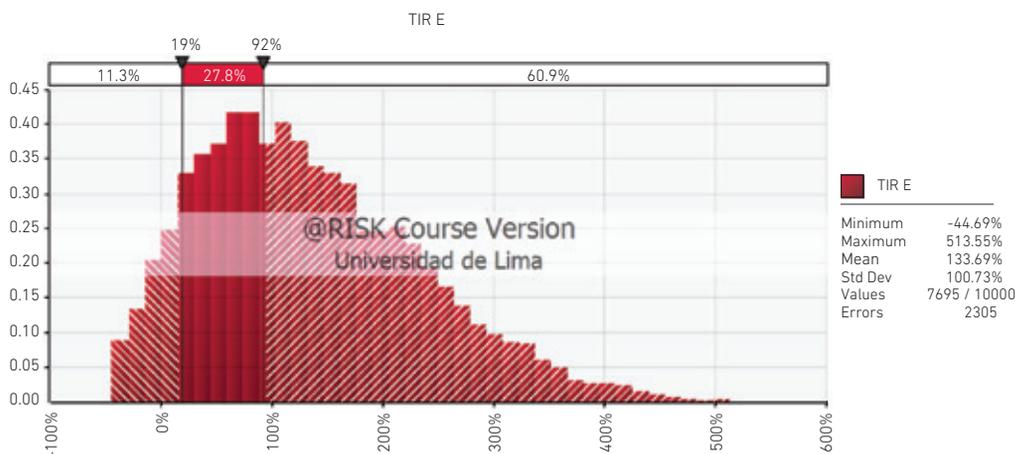
La validación económica se llevó a cabo partiendo del impacto económico, que se calculó con el costo unitario y los productos procesados. En el flujo de caja económico, se obtuvo un VAN de PEN 62 527,76, una TIR del 91,65 %, una relación beneficio costo de 5,46 y un periodo de recuperación de 2,33 meses. Se consideró un costo de capital (COK) del 19,14 %, tal como fue calculado por Ramírez Huerta y Vicente Armas (2021).

Figura 3
Flujo de caja económico

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Impacto económico		126 084	126 084	126 084	126 084	126 084	126 084
- Gastos operativos		99 488	99 488	99 488	99 488	99 488	99 488
- Depreciación		344,44	344,44	344,44	344,44	344,44	344,44
Utilidad neta		26 251,59	26 251,59	26 251,59	26 251,59	26 251,59	26 251,59
- Mano de obra temporal	-24 000						
- Equipo temporal	-2 000						1 800
- Licencia de CRM	-403,92						
- Capacitación	-64,9						
- Nuevo equipo	-2 000						
+ Depreciación		344,44	344,44	344,44	344,44	344,44	344,44
Flujo de caja económico	-28 468,82	26 596	26 596	26 596	26 596	26 596	28 396
Flujo de caja descontado	-28 468,82	22 323,34	18 737,1	15 726,93	13 200,38	11 079,72	9 929,15
Flujo de caja acumulado	-28 468,82	-6 145,48	12 591,58	28 318,52	41 518,89	52 598,61	62 527,76
<hr/>							
VAN =	62 527,76	TIR =		91,65%	B/C =		3,2
<hr/>							
						PER =	2,33

En el *software* @Risk, se definieron el costo unitario y los documentos procesados como variables de entrada, y se realizó un análisis de sensibilidad con 10 000 iteraciones. Se determinó que en el 68,1 % de los escenarios, el VAN económico era mayor que 0 y en el 46,8 % era superior al valor base. En el caso de la TIR, en el 88,7 % de los escenarios, fue más alta que el costo de capital (COK).

Figura 4
Resultado de @Risk (TIR E)



Gracias a un gráfico de tornado, se confirmó una alta sensibilidad en ambas variables. Con el análisis de hipótesis de Excel, se determinó que, para que el VAN sea 0, el costo unitario debe reducirse en un 14,54 % y el número de productos procesados debe disminuir en un 14,59 %. De manera similar, para que la TIR sea igual al COK, el costo unitario debe reducirse en un 14,54 % y el número de productos procesados, en un 14,59 %. Por lo tanto, ello confirma la rentabilidad del proyecto.

La implementación de este modelo también puede conllevar a una mejora en el ambiente laboral, al reducir la carga de trabajo y las horas extras de los trabajadores. Por último, se creó una matriz de Leopold, que resultó en una puntuación de 35, que mostró el impacto ambiental positivo del modelo al reducir el uso de papel.

4. DISCUSIÓN

Los resultados validaron la efectividad del modelo propuesto, pues indicaron un aumento del 14,38 % en la productividad mensual y una reducción del 38,5 % en el número de préstamos pendientes.

En estudios similares, como el de Quiroz-Flores et al. (2022), se logró una reducción del 28,84 % en el ciclo de ventas con *lean* BPM. El enfoque propuesto en el presente artículo se destaca por un mayor alcance al integrar BPM con CRM para automatizar ciertos procesos y optimizar los restantes.

El CRM permitirá una mejor trazabilidad de los documentos y una mejora en la interacción dentro de las áreas del banco. Sin embargo, su implementación puede presentar desafíos, como la falta de compromiso por parte de los trabajadores o supervisores y obstáculos financieros. Según Qtaish et al. (2018), una capacitación adecuada y un liderazgo sólido son necesarios para superar estos desafíos y aprovechar al máximo la herramienta. De este modo, el monitoreo continuo de los trabajadores durante las etapas de implementación, preparación, adopción e integración es esencial (Cruz-Jesus et al., 2019).

Con respecto a la implementación del modelo, se recomienda comenzar con un análisis de estabilidad, ya que la curva de aprendizaje puede causar anomalías en los resultados obtenidos. Es importante considerar los resultados una vez que la curva se haya estabilizado para lograr que sean más precisos.

Para un análisis más profundo, se recomienda estudiar el impacto de la mejora en los costos de producción. De esta manera, se puede determinar el impacto del modelo en las utilidades del banco.

Finalmente, se confirmó la viabilidad del modelo al probarlo en otro producto del área, el cual cuenta con un mayor volumen. La simulación mostró resultados positivos, puesto que logró una mejora del 6,51 % en la productividad y una reducción del 35,18 % en los pendientes. El impacto fue menor, ya que el modelo se aplicó sin ninguna modificación. No obstante, esto confirma que la mejora también es aplicable a otros productos del área.

5. CONCLUSIONES

Al completar la investigación, se diseñó un modelo que integra la metodología BPM con el *software* CRM, el cual denotó un aumento del 14,38 % en la productividad y una reducción del 38,5 % en los pendientes.

Se realizó un estudio de antecedentes mediante la revisión de más de cuarenta artículos científicos obtenidos de repositorios como Web of Science, Scopus, entre otros. Estos estudios proporcionaron una base sólida para diseñar un modelo eficiente que supere las limitaciones identificadas.

El análisis del estado actual permitió la identificación de diversas causas raíz, como la falta de digitalización, un cuello de botella, la falta de automatización de actividades y la distribución inequitativa de la carga de trabajo, que variaba entre el 29,86 % y el 95,20 %.

Siguiendo las etapas del ciclo BPM, se formuló el modelo propuesto. El CRM se adaptó como una base de datos con la capacidad de interconectar las áreas del banco. Ello permitió la automatización de un subproceso manual, que proporcionó así más tiempo para el proceso principal.

El proceso fue reestructurado, pues se realizó una reasignación de puestos de trabajo para reducir el tiempo muerto en un 12,19 %. Los resultados obtenidos fueron validados estadísticamente, lo que confirmó la viabilidad de la mejora y denotó un impacto positivo en la productividad.

Por último, se validó la rentabilidad de la implementación del modelo, con un VAN económico de PEN 62 527,76, una TIR del 91,65 % y un periodo de recuperación de 2,33 meses. Se concluyó que el modelo es rentable sin necesidad de financiamiento externo. Se espera que la implementación del modelo conduzca a ahorros en los costos de producción que impacten positivamente en las ganancias del banco.

REFERENCIAS

- Bustillos-Andia, A., Rojas-Maylle, M., & Quiroz-Flores, J. C. (2022, 18-22 de julio). *Integrated Lean-BPM service model to reduce lead time of incorporation of new employees in a SME of HR services* [Presentación de escrito]. Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: "Education, Research and Leadership in Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions", Florida, Estados Unidos. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.81>
- Cruz-Jesus, F., Pinheiro, A., & Oliveira, T. (2019). Understanding CRM adoption stages: empirical analysis building on the TOE framework. *Computers in Industry*, 109, 1-13. <https://doi.org/10.1016/J.COMPIND.2019.03.007>
- Gudelj, M., Delic, M., Kuzmanovic, B., Tesic, Z., & Tasic, N. (2021). Business process management model as an approach to process orientation. *International Journal of Simulation Modelling*, 20(2), 255-266. <https://doi.org/10.2507/IJSIMM20-2-554>
- Liu, C. (2015). A conceptual framework of analytical CRM in big data age. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 6(6), 149-152. <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2015.060620>
- Lokesh, G. R., Harish, K. S., & Geethanjali, G. (2023). A study on benefits, challenges and factors impressing customer relationship management (CRM) W.R.T. private commercial banks at Bengaluru. *Journal of Corporate Finance Management and Banking System*, 3(3), 1-13. <https://doi.org/10.55529/JCFMBS.33.1.13>

- Ovalle Paulino, C. (2022, 18-22 de julio). *Framework integrating LEAN - BPM and its impact on service management in a financial entity* [Presentación de escrito]. Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: "Education, Research and Leadership in Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions", Florida, Estados Unidos. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.78>
- Qraish, O., Fazea, Y., & Abuhamdeh, M. (2018). Factors that affecting the implementation of CRM in commercial banks. *Quality-Access to Success*, 19(167), 80-84. <https://www-webofscience-com.ezproxy.ulima.edu.pe/wos/woscc/full-record/WOS:000450330400009>
- Quiroz-Flores, J. C., Chuman-Bobadilla, M. A., & Liendo-Carrillo, A. S. (2022). Integrated Lean BPM model to increase customer loyalty in a last-mile courier. En *The 3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management* (pp. 214-218). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3524338.3524371>
- Ramírez Huerta, V. P., & Vicente Armas, E. (2021). Estructura de capital y rentabilidad del sector bancario que opera en el Perú. *Quipukamayoc*, 29(60), 41-49. <https://doi.org/10.15381/quipu.v29i60.17916>
- Satyral, S., Weber, I., Paik, H., Di Ciccio, C., & Mendling, J. (2019). Business process improvement with the AB-BPM methodology. *Information Systems*, 84, 283-298. <https://doi.org/10.1016/J.IS.2018.06.007>
- Suoniemi, S., Terho, H., Zablah, A., & Olkkonen, R., & Straub, D. W. (2021). The impact of firm-level and project-level it capabilities on CRM system quality and organizational productivity. *Journal of Business Research*, 127, 108-122. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.01.007>
- Tellez-Risco, V., Vela-Linares, J. J., Quiroz-Flores, J. C., & Flores-Perez, A. (2022). Business management model to reduce the sales cycle in software development SMBs using BPM, CRM, and SCRUM. En *2022 8th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC)* (pp. 32-37). Institute of Electrical and Electronics Engineers <https://doi.org/10.1109/IESTEC54539.2022.00014>
- Ubaid, A. M., & Dweiri, F. T. (2020). Business process management (BPM): terminologies and methodologies unified. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 11(6), 1046-1064. <https://doi.org/10.1007/s13198-020-00959-y>

Buenas prácticas de manufactura en el sector gastronómico de Colombia: análisis de la situación actual

Johanna Mildred Méndez Sayago

<https://orcid.org/0000-0003-3306-3449>

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

Fundación Universitaria del Área Andina, Colombia

jmendez97@areandina.edu.co

Jorge Esau Tierradentro Cruz

<https://orcid.org/0009-0004-3503-8102>

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

Fundación Universitaria del Área Andina, Colombia

jtierradentro3@areandina.edu.co

Gina Vera Rizzo

<https://orcid.org/0000-0002-1525-6653>

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

Fundación Universitaria del Área Andina, Colombia

gvera6@areandina.edu.co

Recibido: 15 de julio del 2024 / Aceptado: 20 de septiembre del 2024

Publicado: 25 de abril del 2025

doi: <https://doi.org/10.26439/ciii2024.7784>

RESUMEN: Este estudio evaluó el cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura (BPM) en restaurantes en Colombia, conforme a la Resolución 2674 de 2013. Mediante encuestas y listas de verificación, se analizaron aspectos como la infraestructura, el manejo de equipos, el saneamiento y los procesos de fabricación. Los resultados revelaron un cumplimiento parcial, el cual destacó deficiencias en hábitos higiénicos, infraestructura y programas de control de calidad. Se recomienda la implementación de capacitaciones continuas, manuales específicos y programas de saneamiento y verificación de calidad. El estudio resalta la

importancia del compromiso directivo y la adecuada asignación de recursos para una mejor aplicación de las BPM.

PALABRAS CLAVE: buenas prácticas de manufactura, restaurantes, inocuidad alimentaria, control de calidad, capacitación del personal

GOOD MANUFACTURING PRACTICES IN THE GASTRONOMIC SECTOR OF COLOMBIA: AN ANALYSIS OF THE CURRENT SITUATION

ABSTRACT: This study evaluated the compliance with Good Manufacturing Practices (GMP) in restaurants in Colombia, according to Resolution 2674 of 2013. Through surveys and checklists, aspects such as infrastructure, equipment handling, sanitation, and manufacturing processes were analyzed. The results revealed partial compliance, highlighting deficiencies in hygienic practices, infrastructure, and quality control programs. Continuous training, specific manuals, and sanitation and quality verification programs are recommended. The study emphasizes the importance of managerial commitment and proper resource allocation for better implementation of GMP.

KEYWORDS: good manufacturing practices, restaurants, food safety, quality control, staff training

1. INTRODUCCIÓN

Los restaurantes desempeñan un papel importante en la industria gastronómica al ofrecer preparaciones de manera segura e higiénica. Estos establecimientos combinan el arte culinario con procesos estandarizados y regulados, de modo que garantizan la calidad y la inocuidad de los platos que llegan a la mesa de los consumidores. Su compromiso con la transformación responsable de las materias primas en preparaciones los convierte en actores clave del sector servicios.

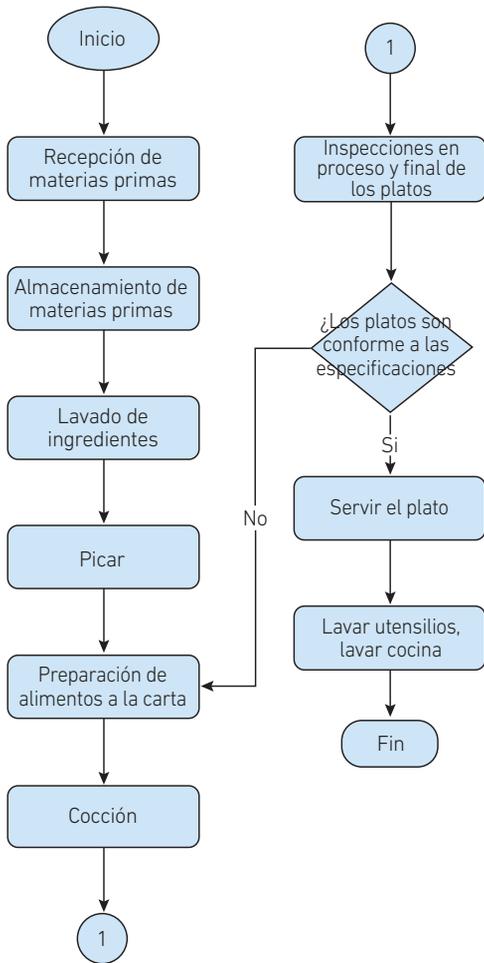
Para ilustrar el proceso de preparación de alimentos en un restaurante, se presenta en la Figura 1 un diagrama de flujo que detalla los pasos y actividades clave desde la recepción de las materias primas hasta el servicio final de los platos a los comensales. Este diagrama incluye etapas como el almacenamiento de materias primas, el lavado de ingredientes, el picado, la preparación de alimentos a la carta, la cocción y las inspecciones finales de los platos. Cada etapa del flujo representa un punto crítico de control en el cual se deben aplicar las buenas prácticas de manufactura (BPM) y los programas correspondientes, con el fin de garantizar la inocuidad y calidad de los alimentos. Este enfoque permite identificar fácilmente las áreas donde se requieren procedimientos específicos, como la limpieza y desinfección, el control de plagas, el manejo de residuos, entre otros. De esta manera, se facilita la implementación efectiva de los manuales de BPM en los restaurantes y se refuerza su papel en la oferta de una experiencia gastronómica segura y de alta calidad.

La implementación adecuada de las BPM es esencial para reducir los riesgos asociados con las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), que representan un grave problema de salud pública y tienen importantes consecuencias económicas (Ramos et al., 2017). Programas como el sistema HACCP han sido implementados para minimizar estos riesgos mediante el análisis de peligros y puntos críticos de control. Sin embargo, la prevención de ETA sigue siendo un desafío, lo que subraya la importancia de innovaciones en este campo (Palomino-Camargo et al., 2018). A pesar de las mejoras en la preservación de alimentos, la falta de cumplimiento con las normativas BPM en algunos establecimientos continúa presentando riesgos para la salud, lo que refuerza la necesidad de una mayor aplicación de normas de higiene en la industria gastronómica (Coy, 2022).

La creciente demanda de los consumidores por calidad y seguridad alimentaria, respaldada por normativas y certificaciones, ha impulsado a las empresas a implementar sistemas de gestión de calidad e inocuidad. En Colombia, las BPM están reguladas por la Resolución 2674 de 2013, que ha evolucionado desde el Decreto 3075 de 1997 con el objetivo de proteger la salud pública (Ojeda, 2009). Asimismo, normativas adicionales, como la Circular 31 de 2015 y el Decreto 60 de 2002, han contribuido a mejorar la seguridad alimentaria (Cáceres & Cuevas, 2017).

Figura 1

Diagrama de flujo de la preparación de alimentos en un restaurante



Nota. El diagrama de flujo describe el proceso de preparación y servicio de alimentos en un entorno de cocina o restaurante.

El desarrollo del sistema HACCP, influenciado por las teorías de gestión de calidad total, ha sido clave para mejorar la calidad y reducir costos en la fabricación, así como ha asegurado la producción de alimentos seguros desde la década de 1960 (Cáceres & Cuevas, 2017). Este sistema identifica peligros en la inocuidad alimentaria desde la producción hasta el consumo y aplica controles y acciones correctivas para garantizar la seguridad alimentaria (Organización Panamericana de la Salud, 2019).

La investigación busca evaluar la aplicación de BPM en restaurantes de diversas ciudades de Colombia, la cual verifique el cumplimiento de normativas y su impacto en la calidad y seguridad de las operaciones. En ese sentido, los planes de mejora incluyen la optimización de infraestructura y la adquisición de utensilios para prevenir la contaminación, lo que podría mejorar la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente (Acosta & Lozano, 2018; Vásquez & Gómez, 2018). A modo de ejemplo, un plan en Valledupar se enfoca en mejorar las instalaciones y capacitar al personal con el objetivo de elevar significativamente los estándares de inocuidad alimentaria en la región (Oñate, 2022).

En el contexto de esta investigación, se llevó a cabo una encuesta exhaustiva en 128 restaurantes distribuidos en diversas ciudades colombianas. El propósito principal de este estudio fue evaluar de manera integral el grado de aplicación de las buenas prácticas de manufactura, por lo que se abarcaron aspectos cruciales como la manipulación higiénica de alimentos, la idoneidad de las instalaciones, el estado y manejo de equipos y utensilios, los procedimientos de saneamiento, las condiciones de almacenamiento, así como los procesos de fabricación y aseguramiento de la calidad. Los resultados de esta investigación sirvieron como base para múltiples objetivos: identificar falencias y oportunidades de mejora, evaluar posibles riesgos de contaminación, determinar las necesidades de formación del personal, verificar el cumplimiento de las normativas vigentes, establecer una línea base para la implementación de planes de mejora y programas de control, y proporcionar información crucial a las autoridades sanitarias. Esta última fue fundamental para el desarrollo de políticas y estrategias orientadas a elevar los estándares de inocuidad alimentaria en el sector gastronómico a nivel nacional.

2. METODOLOGÍA

Este estudio descriptivo se centra en caracterizar las buenas prácticas de manufactura y las condiciones de seguridad en el sector gastronómico colombiano, con base en la Resolución 2674 de 2013. La investigación abarca una amplia gama de establecimientos alimentarios, tales como restaurantes tradicionales y típicos, locales de comida rápida, pizzerías, asaderos, parrillas, temáticos, especializados, cafeterías, panaderías y restaurantes enfocados en ingredientes y platos especiales e internacionales. Estos establecimientos están ubicados en diversas ciudades colombianas como Bogotá, Medellín, Pereira, Valledupar y Bucaramanga. La selección aleatoria y la participación voluntaria de los propietarios contribuyeron a obtener una muestra representativa y no sesgada de 128 establecimientos en el año 2024.

La evaluación cubre los siguientes aspectos críticos de las BPM: infraestructura, equipos y utensilios, personal manipulador, prácticas de saneamiento, almacenamiento, y proceso de fabricación y aseguramiento de la calidad. Se examinaron elementos como amplitud, ventilación, iluminación, áreas de almacenamiento, zona de clientes, instalaciones eléctricas, diseño de cocinas y baños. También se evaluó el estado y mantenimiento de equipos y utensilios, el uso de elementos de protección personal (EPP), prácticas de higiene del personal, servicios

básicos, procedimientos de limpieza y desinfección, gestión de residuos, control de plagas, y procesos desde la inspección de materias primas hasta el servicio de alimentos.

El instrumento implementado consistió en una encuesta con preguntas cerradas y abiertas, diseñada en Google Forms y aplicada directamente a los establecimientos participantes. Además, se utilizaron listas de chequeo específicamente diseñadas para evaluar el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Resolución 2674 de 2013 del Ministerio de Salud. Este método permitió una recolección sistemática y estandarizada de información detallada sobre las prácticas de manufactura en los establecimientos participantes.

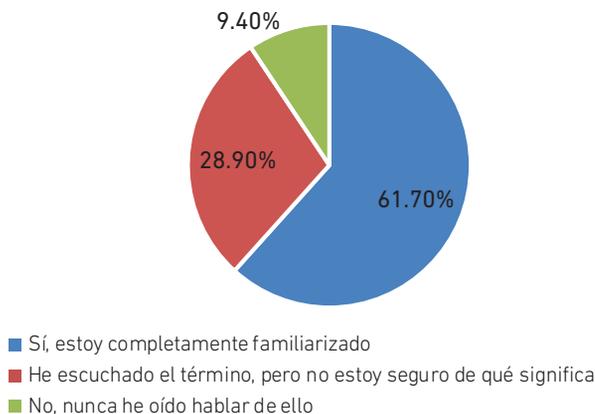
A manera de cierre, las fuentes primarias incluyeron la encuesta aplicada, mientras que las fuentes secundarias abarcaron tesis, casos de estudio, artículos científicos, libros y la legislación colombiana pertinente. El análisis de la información recolectada se realizó mediante técnicas estadísticas, las cuales incluyeron la tabulación de datos en Microsoft Excel. Los resultados se presentaron con estadística descriptiva, lo que facilitó la interpretación y comprensión de los hallazgos del estudio.

3. RESULTADOS

El objetivo primordial es identificar las buenas prácticas de manufactura aplicadas en los restaurantes de comida rápida en Colombia. Para ello, se diseñó una encuesta en Google Forms dirigida a restaurantes en algunas ciudades de Colombia, que incorporó preguntas cerradas y abiertas. Esta encuesta permitió capturar las percepciones y prácticas actuales relacionadas con las BPM en las empresas participantes. Los datos recolectados se analizaron estadísticamente como se muestra en la siguiente figura.

Figura 2

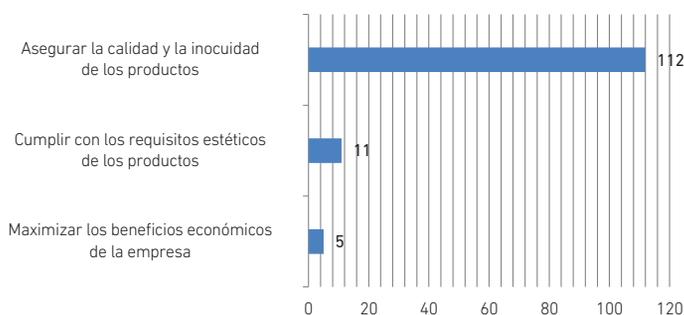
Recuento del conocimiento sobre el término BPM y su aplicación en los restaurantes



La Figura 2 muestra que, aunque el 61,7 % de los encuestados en el sector de restaurantes en Colombia está familiarizado con las BPM, un 28,9 % no tiene claro el concepto y un 9,4 % no conoce el término. Esto resalta la necesidad de implementar programas educativos y de capacitación para mejorar su comprensión y aplicación, especialmente entre aquellos con conocimientos limitados, lo que representa una oportunidad para fortalecer y estandarizar el conocimiento en este sector.

Figura 3

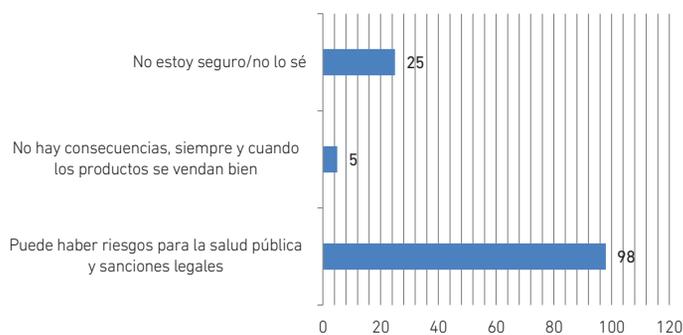
Recuento sobre si los encargados de los restaurantes saben el propósito principal de las BPM



La Figura 3 muestra las respuestas sobre el propósito de las BPM en restaurantes y revela que un 88,89 % de los encuestados prioriza la calidad e inocuidad de los productos, lo que destaca una fuerte conciencia sobre la importancia de la seguridad alimentaria en el sector. En comparación, solo un 8,73 % enfatizó en los aspectos estéticos y un 2,38 % se centró en los beneficios económicos directos. Esto refleja un sector enfocado en la salud pública y la calidad del servicio, aunque la baja priorización de los aspectos económicos indica una oportunidad para educar sobre cómo las BPM pueden optimizar operaciones y reducir costos. Este contexto es ideal para introducir metodologías como *lean manufacturing* y *six sigma*, que podrían integrar la eficiencia operativa con los altos estándares de calidad e inocuidad ya existentes, que impulsen un enfoque de mejora continua.

Figura 4

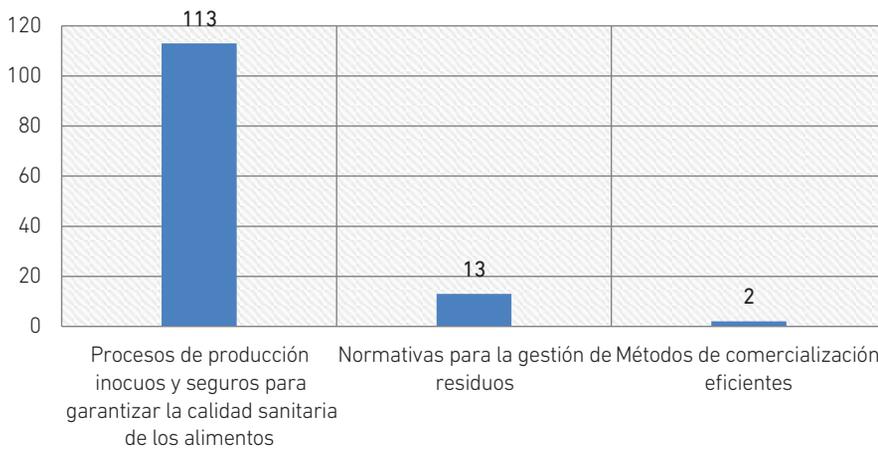
Recuento sobre si los encargados de los restaurantes saben qué sucede si la empresa no cumple con las BPM



La Figura 4 señala que, aunque el 76,6 % de los encuestados reconoce correctamente los riesgos del incumplimiento de las BPM, un preocupante 23,4 % no está seguro de las consecuencias de no cumplir con ellas. Esto subraya la necesidad de programas de capacitación más eficaces y de fortalecer una cultura de calidad y seguridad en el sector gastronómico. La falta de comprensión completa de las BPM puede conducir a graves problemas, como la contaminación de productos, brotes de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), sanciones, pérdida de reputación y costos adicionales. Implementar mejoras en las BPM no solo fortalecería su aplicación, sino que también optimizaría la calidad, seguridad y eficiencia operativa de las empresas, de modo que las alinearía mejor con los estándares de la industria y las expectativas regulatorias. Integrar las BPM con otros sistemas de gestión y mejorar la comunicación es esencial para reducir la incertidumbre y corregir ideas erróneas.

Figura 5

Recuento de cuáles aspectos están contemplados en las BPM



La Figura 5 revela que el 89 % de las respuestas se enfocan en procesos de producción inocuos y seguros, lo cual refleja una alta prioridad en la calidad sanitaria de los alimentos. No obstante, este enfoque es limitado, ya que solo el 10,2 % de los encuestados considera importantes las normativas de gestión de residuos y apenas un 0,8 % menciona métodos de comercialización eficientes. Esto subraya la necesidad urgente de mejorar la formación en BPM para abarcar aspectos como la gestión ambiental y técnicas de conservación. Implementar programas de capacitación que cubran estos temas fortalecería la implementación integral de las BPM y las alinearía con los estándares de la industria y las expectativas regulatorias. Por lo tanto, se optimizarían la seguridad alimentaria, la calidad del servicio y la eficiencia en el uso de recursos, así como se reduciría el impacto ambiental.

Tabla 1*Respuestas de la encuesta sobre las BPM en restaurantes*

CATEGORÍA	PREGUNTAS	Sí	No
INFRAESTRUCTURA	1. La infraestructura es amplia para poder realizar sus funciones.	107	21
	2. Se tiene buena ventilación en el restaurante.	108	20
	3. Se tiene buena iluminación en el restaurante.	120	8
	4. Se tiene bodega para almacenar insumos requeridos para la preparación de platos.	110	18
	5. Las neveras para la refrigeración tienen la temperatura adecuada.	125	3
	6. La nevera tiene un espacio adecuado para almacenar.	112	16
	7. La zona de clientes es amplia.	113	15
	8. Manejan extractor.	102	26
	9. Los cables eléctricos están bien protegidos.	125	3
	10. La red de gas no está expuesta a zonas de calor.	97	31
	11. Considera que el diseño del restaurante tanto en la zona de clientes como en la cocina es adecuado.	110	18
	12. Los baños se mantienen aseados y organizados.	127	1
EQUIPOS Y UTENSILIOS	1. Las máquinas de freír están en buen estado.	114	14
	2. Los utensilios están en buen estado (cuchillos, coladores, tablas de cortar, espátulas, cucharas de cocina, sartenes, ollas, batidores, mezcladores, termómetros de cocina, abre latas, peladores de verduras, etc.).	122	6
	3. Los utensilios se mantienen aseados antes de empezar operación.	120	8
	4. Tienen utensilios de repuesto en caso de ser requerido.	65	63
	5. Si tiene extractor, ¿le hacen mantenimiento preventivo?	97	31
	6. Los equipos y los utensilios están ubicados estratégicamente para manipularlos, evitar incidentes, accidentes y poder realizar fácil su aseo y mantenimiento.	112	16
	7. Los utensilios usados para la cocción son de buena calidad.	117	11
PERSONAL MANIPULADOR	1. El personal utiliza los EPP adecuados para la manipulación de alimentos.	110	18
	2. El personal se lava las manos antes de manipular alimentos.	128	0
	3. El restaurante lo capacita en temas relacionados con la manipulación de alimentos.	105	23
	4. Se usan elementos como joyas, aretes, entre otros a la hora de manipular y preparar alimentos.	41	87
	5. Los empleados siguen un protocolo de prácticas higiénicas diarias antes de iniciar las tareas de preparación.	113	15

(continúa)

(continuación)

CATEGORÍA	PREGUNTAS	Sí	No
SANEAMIENTO	1. El restaurante cuenta con los servicios básicos para la operación.	128	0
	2. El suministro de agua y su presión es adecuado para todas las operaciones.	128	0
	3. Existen procedimientos escritos específicos de limpieza y desinfección.	88	40
	4. Después de desocupados los recipientes se lavan antes de ser colocados en el sitio respectivo.	127	1
	5. Las trampas de grasas están bien ubicadas y diseñadas para permitir su limpieza.	110	18
	6. Se crean registros de inspecciones diarias de limpieza y desinfección en las diferentes áreas, equipos, utensilios y manipuladores.	69	59
	7. Son removidas las basuras con la frecuencia necesaria para evitar generación de olores, molestias sanitarias, contaminación del producto y/o superficies y proliferación de plagas.	127	1
	8. Existen procedimientos escritos específicos de control de plagas.	105	23
	9. Se realizan manejo de los residuos líquidos y sólidos dentro del restaurante.	120	8
ALMACENAMIENTO	1. Se registran las condiciones de almacenamiento.	113	15
	2. Se llevan control de entrada, salida y rotación de los productos.	115	13
	3. El área de almacenamiento cumple con las condiciones adecuadas, incluyendo temperatura, humedad, circulación de aire, ausencia de fuentes de contaminación y plagas.	120	8
	4. Se cuentan con áreas designadas y adecuadas para el almacenamiento de alimentos.	123	5
	5. Los alimentos perecederos se almacenan a la temperatura adecuada según las normativas de inocuidad alimentaria.	127	1
	6. Se utilizan contenedores herméticos o envases adecuados para el almacenamiento de alimentos.	113	15
	7. Se realizan inspecciones regulares para identificar y desechar alimentos vencidos o en mal estado.	122	6
PROCESO DE FABRICACIÓN Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	1. Se realiza una inspección visual de las materias primas (frutas, verduras, carnes, etc.) antes de su uso para detectar defectos o contaminación.	123	5
	2. Existen procedimientos estandarizados para el descongelamiento seguro de los alimentos congelados.	102	26
	3. Se enfrían los alimentos cocidos de manera rápida y controlada para evitar la proliferación de microorganismos.	109	19
	4. Antes de cocinar, los productos están a temperaturas aptas.	127	1
	5. Se mantienen separados los alimentos crudos de los cocidos durante la preparación para prevenir la contaminación cruzada.	112	16
	6. Se utilizan superficies de trabajo, utensilios y equipos debidamente higienizados durante la preparación de alimentos.	127	1
	7. Se cuenta con procedimientos para el manejo y disposición segura de desechos y residuos generados durante la preparación.	124	4

(continúa)

(continuación)

CATEGORÍA	PREGUNTAS	Si	No
PROCESO DE FABRICACIÓN Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	8. Se cuentan con recetas estándar documentadas para la preparación de los diferentes platillos.	95	33
	9. Se tienen definidos los métodos de cocción (asar, freír, hornear, etc.) para cada preparación.	116	12
	10. Se cuenta con instrucciones para el manejo de aceites y grasas calientes durante la fritura.	107	21
	11. Existen guías sobre el porcionado y servicio higiénico de los alimentos preparados.	105	23
	12. Se realizan pruebas organolépticas (sabor, olor, textura, apariencia) durante la preparación.	98	30

Nota. La tabla organiza las respuestas en categorías clave de BPM, las cuales muestran las cantidades de respuestas “Si” y “No” para evaluar el cumplimiento en los restaurantes encuestados.

En la Tabla 1, se presentan los resultados de la encuesta a 128 restaurantes. A continuación, se muestra un análisis de cada una de las categorías según la Resolución 2674 de 2013.

Infraestructura. Es esencial para su operación segura y eficiente. Aunque un alto porcentaje (97 %) de los establecimientos asegura la protección de cables eléctricos y el mantenimiento de baños limpios, existen preocupaciones significativas, como la exposición de la red de gas a zonas de calor, que afecta al 24 % de los locales, y el manejo inadecuado de extractores en un 20 % de ellos. Además, la limitación de espacio en las cocinas y áreas de clientes, con un 87 % y 85 % de aprobación respectivamente, indica la necesidad de mejorar la planificación del espacio. Estas deficiencias, si no se corrigen, pueden comprometer tanto la seguridad como la eficiencia operativa.

Equipos y utensilios. Los restaurantes muestran un compromiso con la higiene alimentaria, con un 95 % de utensilios en buen estado y un 93 % de equipos correctamente ubicados. No obstante, la falta de utensilios de repuesto (51 %) y el mantenimiento irregular de extractores (76 %) representan vulnerabilidades críticas que pueden interrumpir la operación en momentos cruciales. Además, la necesidad de reemplazar utensilios viejos y mejorar su disposición sugiere que algunos restaurantes operan con un margen mínimo de seguridad, lo que podría afectar tanto la calidad del servicio como la seguridad alimentaria.

Personal manipulador. El cumplimiento del lavado de manos es del 100 %, lo que destaca una fuerte conciencia de la higiene. Sin embargo, el uso de joyas durante la manipulación de alimentos, con un 32 % de empleados que lo practican, es un riesgo considerable. Aunque el 82 % del personal recibe capacitación adecuada en manipulación de alimentos, existe margen para mejorar, especialmente en restaurantes más pequeños. La implementación de programas de formación más rigurosos y continuos es esencial para mitigar riesgos y garantizar prácticas higiénicas consistentes.

Saneamiento. Es una de las áreas mejor gestionadas, con un 100 % de cumplimiento en servicios básicos y suministro de agua adecuado. Sin embargo, la falta de procedimientos escritos específicos de limpieza (69 %) y la falta de sistematización en las inspecciones diarias (54 %) son deficiencias críticas que podrían comprometer la consistencia en las prácticas de saneamiento. Además, un 18 % de los restaurantes no cuenta con un control riguroso de plagas, lo que subraya la necesidad de reforzar la documentación y la implementación de protocolos.

Almacenamiento. Es generalmente adecuado, con un 94 % de los restaurantes que cumplen con las condiciones necesarias. Sin embargo, la falta de utilización de contenedores herméticos en un 12 % de los casos y la falta de registros formales del almacenamiento en un 88 % indican áreas de mejora. Además, el control de entrada, salida y rotación de productos, con un 90 % de cumplimiento, podría beneficiarse de una mayor formalización para garantizar la seguridad alimentaria y la eficiencia operativa.

Procesos de fabricación y aseguramiento de la calidad. Esta categoría muestra áreas críticas de mejora. Aunque un 96 % de los restaurantes realiza inspecciones visuales de las materias primas, solo el 66 % cuenta con recetas estándar documentadas y el 80 % enfría adecuadamente los alimentos cocidos. La falta de procedimientos estandarizados para la descongelación (80 %) y la baja realización de pruebas organolépticas (77 %) representan riesgos significativos para la calidad y seguridad alimentaria. Estos problemas indican posibles brechas en la implementación de sistemas HACCP y la necesidad de un enfoque más riguroso en la estandarización y documentación de procesos críticos.

La encuesta identificó un cumplimiento aceptable de las normas en la industria alimentaria, pero también reveló deficiencias en áreas como iluminación, uso de utensilios, capacitación del personal, documentación y disponibilidad de utensilios de respaldo. Estas deficiencias pueden estar relacionadas con falta de inversión, formación, estandarización de procesos y cumplimiento por parte del personal. Para abordar estos desafíos y mejorar la seguridad y calidad alimentaria, es crucial alinearse con las normativas vigentes, tanto colombianas como internacionales.

El uso de tecnologías avanzadas puede ser una solución efectiva para estos problemas. Por ejemplo, la implementación de sensores IoT (*internet of things*) permite el monitoreo en tiempo real de variables críticas como la temperatura y la humedad en las áreas de almacenamiento, de modo que asegura que los alimentos se mantengan en condiciones óptimas y reduce el riesgo de deterioro o contaminación. Además, los sistemas de gestión de calidad basados en la nube facilitan la documentación y seguimiento de todos los procesos operativos, pues ofrecen una mayor transparencia y eficiencia. El uso de herramientas de análisis de datos permite identificar patrones y áreas problemáticas en la operación, por lo que facilita la toma de decisiones informadas para mejorar la seguridad alimentaria y la eficiencia operativa. Estas tecnologías no solo optimizan la gestión operativa, sino que también pueden aumentar la satisfacción del cliente al garantizar productos de alta calidad y servicios más eficientes (Intedya International Dynamic Advisors, s. f.; Moreno & Tejada, 2019).

4. DISCUSIÓN

Este estudio revela áreas críticas que requieren atención urgente en la evaluación de las buenas prácticas de manufactura en los restaurantes analizados. Las deficiencias más graves se encuentran en la infraestructura y el equipamiento, donde problemas de ventilación, seguridad en redes de gas y espacios inadecuados comprometen tanto la eficiencia operativa como la seguridad alimentaria. Específicamente, solo el 79,7 % de los establecimientos cumple con el manejo adecuado de extractores y el 75,8 %, con la exposición segura de la red de gas.

Además, la gestión de equipos y utensilios presenta carencias significativas, en donde se destaca una baja disponibilidad de repuestos y un mantenimiento preventivo insuficiente, reflejado en que solo el 66,4 % de los establecimientos cuenta con utensilios de repuesto disponibles. También se observan brechas importantes en la capacitación del personal y el cumplimiento de prácticas higiénicas, con un 68 % del personal que usa joyas o aretes durante la manipulación de alimentos, mientras que solo el 82 % recibe capacitación adecuada en seguridad alimentaria.

Para abordar estas deficiencias, se propone un plan de mejora integral que incluye el rediseño de instalaciones para optimizar el flujo de trabajo, la implementación de un sistema robusto de gestión de mantenimiento preventivo y el desarrollo de programas de capacitación continua en BPM y seguridad alimentaria. Es esencial estandarizar y documentar todos los procesos críticos, implementar un sistema HACCP completo y adoptar un sistema de gestión de inventario digital para asegurar la trazabilidad de los productos. Esto es especialmente importante, dado que solo el 68,8 % de los establecimientos cuenta con procedimientos escritos específicos de limpieza y desinfección, y apenas el 53,9 % mantiene registros de inspecciones diarias de limpieza.

El éxito de este plan depende del apoyo de las autoridades locales, que pueden facilitar recursos educativos, ofrecer incentivos para la mejora de infraestructuras, realizar inspecciones regulares y fomentar la colaboración entre establecimientos. La implementación de estas mejoras no solo asegurará el cumplimiento normativo, sino que también elevará significativamente la calidad y seguridad de los servicios alimentarios, lo que beneficiará tanto a los restaurantes como a los consumidores. Con un cumplimiento general en áreas críticas como el proceso de preparación y aseguramiento de la calidad en un 88,5 %, todavía hay un margen considerable para la mejora, lo que resalta la importancia de estas acciones.

5. CONCLUSIONES

El estudio identifica áreas críticas en la implementación de buenas prácticas de manufactura (BPM) en restaurantes, especialmente en infraestructura, equipos y capacitación del personal, lo que compromete la inocuidad alimentaria. Las principales deficiencias incluyen la falta de

utensilios de repuesto, el mantenimiento inadecuado y el uso incorrecto de elementos personales durante la manipulación de alimentos. A pesar de un cumplimiento razonable en algunas áreas, como el manejo de alimentos perecederos, se requiere atención urgente en documentación, capacitación y mantenimiento preventivo para mejorar la seguridad y calidad alimentaria.

Se recomienda implementar un plan de acción integral que incluya el rediseño de instalaciones para optimizar el flujo de trabajo y mejorar la seguridad operativa, junto con la implementación de un sistema robusto de gestión de mantenimiento preventivo que garantice la disponibilidad y el correcto funcionamiento de los equipos y utensilios. Además, es crucial desarrollar programas de capacitación continua en BPM y seguridad alimentaria para el personal, con el fin de asegurar que todos los empleados estén adecuadamente formados y cumplan con las normas de higiene. También, se sugiere estandarizar y documentar todos los procesos críticos mediante la implementación de un sistema HACCP completo para identificar y mitigar riesgos en la cadena de producción. Finalmente, se recomienda adoptar un sistema digital de gestión de inventarios que permita asegurar la trazabilidad de los productos y facilite el monitoreo continuo de las prácticas de higiene y seguridad. Estas acciones no solo contribuirán al cumplimiento normativo, sino que también mejorarán la eficiencia operativa y la calidad del servicio, las cuales elevarán la satisfacción del cliente y fortalecerán la competitividad del sector alimentario.

REFERENCIAS

- Acosta, J., & Lozano, Y. (2018). *Plan de mejoramiento del sistema de gestión de inocuidad alimentaria basado en BPM, para los puntos de venta de la Empresa Marvilla S.A.* [Tesis de licenciatura, Universidad Industrial de Santander]. Repositorio Institucional de la UIS. <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/38502>
- Cáceres, O., & Cuevas, J. (2017). *Desarrollo del sistema HACCP (análisis de peligros y puntos críticos de control) para los restaurantes Mi Tierra Ltda.* [Tesis de licenciatura, Universidad Libre]. Repositorio Institucional Unilibre. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11194/PROYECTO%20DE%20GRADO%20HACCP.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Circular 31 [Ministerio de Salud y Protección Social]. Directrices para la aplicación de la normatividad sanitaria de alimentos de consumo humano. 4 de agosto del 2015. https://normograma.invima.gov.co/normograma/docs/circular_minsaludps_0031_2015.htm
- Coy, D. (2022). *Manual ilustrativo del proceso del deterioro de alimentos por microorganismos y su adecuada manipulación a través de las buenas prácticas de manufactura* [Tesis de

- licenciatura, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano. <http://hdl.handle.net/10554/63181>
- Decreto 60 de 2002. Por el cual se promueve la aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico - HACCP en las fábricas de alimentos y se reglamenta el proceso de certificación. 24 de enero de 2021. Diario Oficial. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/DECRETO%200060%20DE%202002.pdf
- Intedya International Dynamic Advisors. (s. f.). *Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)*. Recuperado el 25 de agosto de 2024 de <https://www.intedya.com/internacional/103/consultoria-buenas-practicas-de-manufactura-bpm.htm>
- Ley 9 de 1979. Por la cual se dictan Medidas Sanitarias. 16 de julio de 1979. Diario Oficial. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/circular-0031-de-2015.pdf>
- Moreno, P., & Tejada, P. (2019). Reviewing the progress of information and communication technology in the restaurant industry. *Journal of Hospitality and Tourism Technology*, 10(4), 673-688. <https://doi.org/10.1108/JHTT-07-2018-0072>
- Ojeda, A. (2009). *Documentación de los programas prerrequisito para la implementación de buenas prácticas de manufactura en la empresa colombiana de mariscos Colmariscos* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Javeriano. <http://hdl.handle.net/10554/8479>
- Oñate, L. F. (2022). *Análisis de las condiciones de buenas prácticas de manufactura en los establecimientos de preparación de alimentos en la ciudad de Valledupar* [Tesis de licenciatura, Universidad de Santander]. Repositorio Universidad de Santander. <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/7195>
- Organización Panamericana de la Salud. (2019). *Análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP)*. <https://www.paho.org/es/documentos/analisis-peligros-puntos-criticos-control-haccp>
- Palomino-Camargo, C., González-Muñoz, Y., Pérez-Silva, E., & Aguilar, V. H. (2018). Metodología Delphi en la gestión de la inocuidad alimentaria y prevención de enfermedades transmitidas por alimentos. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(3), 483-490. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342018000300016
- Ramos, P., Fernández, N., Estigarribia, G., Ríos, P., & Ortíz, A. (2017). Buenas prácticas de manufactura y factores de riesgo durante la manipulación de alimentos en los mercados municipales del departamento de Caaguazú (2015-2016). *Revista del Instituto de Medicina Tropical*, 12(2), 31-37. <https://doi.org/10.18004/imt/201712231-37>

Resolución 2674 de 2013 [Ministerio de Salud y Protección Social]. Por la cual se reglamenta el artículo 126 del Decreto Ley 019 de 2012 y se dictan otras disposiciones. 22 de julio del 2013. <https://foman.com.co/wp-content/uploads/2016/01/2674.pdf>

Vásquez, J. P., & Gómez, J. P. (2018). Propuesta de implementación de las buenas prácticas de manufactura frente a la resolución 2674 de 2013 para un restaurante de comida típica [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Pereira]. Repositorio Universidad Católica de Pereira. <https://repositorio.ucp.edu.co/server/api/core/bitstreams/72f468c7-d769-4ecd-8dbc-37be4d68f59b/content>

Modelo de gestión de producción para mejorar la productividad en el saneamiento de alcachofas mediante la aplicación de trabajo estándar y 5S: caso del sector agroindustrial en Perú

Angela Calderón Morales

<https://orcid.org/0000-0001-8414-6805>

Carrera de Ingeniería Industrial

Universidad de Lima, Perú

20182373@aloe.ulima.edu.pe

Erla Alejandra Concha Romero

<https://orcid.org/0000-0001-5969-0710>

Carrera de Ingeniería Industrial

Universidad de Lima, Perú

20180473@aloe.ulima.edu.pe

Recibido: 25 de julio del 2024 / Aceptado: 27 de agosto del 2024

Publicado: 25 de abril del 2025

doi: <https://doi.org/10.26439/ciii2024.7785>

RESUMEN: La agroindustria ha crecido significativamente en los últimos años; sin embargo, muchas pequeñas y medianas empresas del sector enfrentan problemas de baja productividad, lo que genera pérdidas económicas. Por tal motivo, el objetivo de esta investigación es desarrollar un modelo de gestión de producción para incrementar la productividad de una empresa del sector al 77 % mediante las herramientas: trabajo estándar y 5S. El método de investigación fue empírico y cuantitativo, con un enfoque cuasiexperimental, centrado en el proceso de saneado de la empresa. Para el diagnóstico, se utilizaron herramientas como el mapa de procesos, *value stream mapping*, estudio de tiempo, gráficos de control, análisis de Pareto y un árbol de problemas. La prueba piloto mostró un incremento del 7,71 % en la productividad total; específicamente, en el proceso de saneado, se logró aumentar la productividad a 90,39 %,

reducir las mermas en 10,19 % y disminuir el tiempo promedio en 15,08 %. Las conclusiones resaltan la efectividad del modelo propuesto para mejorar la eficiencia y productividad en el sector agroindustrial.

PALABRAS CLAVE: productividad, agroindustria, 5S, trabajo estándar, herramientas *lean*

PRODUCTION MANAGEMENT MODEL TO IMPROVE PRODUCTIVITY IN ARTICHOKE SANITIZATION BY APPLYING STANDARD WORK AND 5S: CASE OF THE AGRO-INDUSTRIAL SECTOR IN PERU

ABSTRACT: The agroindustry has grown significantly in recent years; however, many small and medium-sized enterprises in the sector face low productivity issues, leading to economic losses. For this reason, the objective of this research is to develop a production management model to increase the productivity of a company in the sector to 77 % using Standard Work and 5S tools. The research method was empirical and quantitative, with a quasi-experimental approach, focused on the food sanitization process of the company. For the diagnosis, tools such as process mapping, Value Stream Mapping, time study, control charts, Pareto analysis, and a problem tree were used. The pilot test showed a 7,71 % increase in total productivity; specifically, in the cleaning process, productivity increased to 90,39 %, waste was reduced by 10,19 %, and the average time was reduced by 15,08 %. The conclusions highlight the effectiveness of the proposed model in improving efficiency and productivity in the agro-industrial sector.

KEYWORDS: productivity, agroindustry, lean tools, 5S, standard work

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la importancia de la alimentación, el sector agroindustrial es una actividad primaria a nivel mundial; por esta razón, se busca impulsar la diversificación y sofisticación económica (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2021). Con este objetivo, el Banco Mundial ha invertido en el sector agro 45 mil millones de dólares en noventa países, con el propósito de impactar a cerca de 335 millones de personas en el 2024 y combatir la desnutrición al evitar la comercialización de alimentos de baja calidad e insalubres (Grupo Banco Mundial, 2024). La región de Latinoamérica y el Caribe produce alimentos para alrededor de 800 millones de personas, lo que representa el 14 % de la producción agrícola mundial (Comisión Económica para América Latina y el Caribe et al., 2021). Con respecto a Perú, el sector agropecuario, del cual la agroindustria forma parte, contribuyó al PBI en S/ 20 233 millones en el año 2023 (Banco Central de Reserva del Perú, 2024). Además, según el informe de la Encuesta Nacional Agropecuaria del 2022, el país cuenta con más de 473 893 pequeños y medianos productores agrícolas (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2023). Estas cifras reflejan no solo la diversidad, sino también la vitalidad de la agroindustria peruana. A pesar de esta robustez del sector agroindustrial, el principal problema que enfrentan muchas empresas es la generación de mermas (Backar et al., 2022). De acuerdo con Buchner et al. (como se cita en Dora et al., 2022), las empresas alimentarias a menudo enfrentan serios problemas de eficiencia y productividad durante sus procesos productivos, lo cual lleva a reprocesos o desechos cuando no se cumplen especificaciones del producto.

En la presente investigación se aborda el problema de baja productividad y eficiencia en una pequeña empresa agroindustrial de procesamiento de alcachofas. Para abordar estos desafíos, se aplicó la metodología de las 5S y el trabajo estándar (SW). Según Rewers y Trojanowska (como se cita en Pawlak et al., 2023), aplicar las 5S mejora la calidad del producto y la productividad; asimismo, Setiawan et al. (2021) destacan su valor para la mejora del proceso productivo y la eliminación de mermas. Además, el trabajo estándar contribuye a reducir la variabilidad y desperdicios, de modo que optimiza la calidad y la productividad mediante la estandarización de procedimientos y tiempos (Chaparin et al., 2023). Esta herramienta impacta positivamente en la productividad al reducir los tiempos de espera, disminuir los residuos de los procesos y mejorar la calidad de los productos (Pontes da Costa et al., 2023).

La implementación de herramientas como las 5S y el SW ha demostrado ser una solución efectiva para la reducción de residuos y mejora de la eficiencia en la industria alimentaria. En primer lugar, Rojas-Benites et al. (2021) destacan que, debido a la variabilidad y generación de mermas en los procesos productivos, las empresas implementan herramientas como las 5S y el SW para aumentar la eficiencia. De manera similar, Flores et al. (2023) reportaban una disminución significativa en los desperdicios tras la implementación de 5S. Además, Ojeda-Safra et al. (2021) lograron reducir las pérdidas del proceso, mientras que Cabrera et al. (2020) evidenciaron una notable reducción en el porcentaje de devoluciones (p. 206) después de la

aplicación de la herramienta 5S. Por otro lado, la implementación del SW también ha mostrado beneficios significativos, Santos et al. (2021) señalaron que esta herramienta contribuyó a la reducción del tiempo de producción y Lau-Suárez et al. (2022) reportaron una disminución en los errores de procesamiento. En conjunto, estas herramientas han demostrado mejorar la productividad, brindar eficiencia operativa y optimizar los procesos.

Para determinar la brecha, se comparó la data del año 2021 con marzo de 2019, un periodo en el cual la productividad de materia prima alcanzó un 77 %, cifra que se trazó como meta. Para alcanzar este objetivo, se plantearon los siguientes objetivos específicos: realizar un diagnóstico de la situación actual; disminuir en un 10 % las mermas del saneado, meta establecida por la empresa de acuerdo con su registro de unidades mermadas; incrementar la productividad del saneado al 85 %, a fin de lograr una productividad total de 77 %; y reducir en un 15 % el tiempo promedio del saneado para optimizar el control de los tiempos para esta actividad y situarlos dentro de la media y el límite inferior de la gráfica de control de la Figura 6.

El análisis se centró en el producto alcachofas bebé por seis unidades, que representa la mayor parte de las ventas. La brecha identificada tuvo un impacto económico de S/ 78 285,99 en 2021, equivalente al 24 % de la facturación del producto, que considera pérdidas de unidades y horas hombre. Las mermas son una preocupación significativa, por lo que el objetivo de esta investigación es desarrollar un modelo de gestión de producción para incrementar la productividad de la empresa mediante el proceso de saneamiento de alcachofas a través del uso de herramientas de trabajo estándar y 5S. En este contexto, surge la pregunta de investigación: ¿cómo pueden las herramientas 5S y trabajo estándar mejorar la productividad en una empresa agroindustrial dedicada al procesamiento de alcachofas?

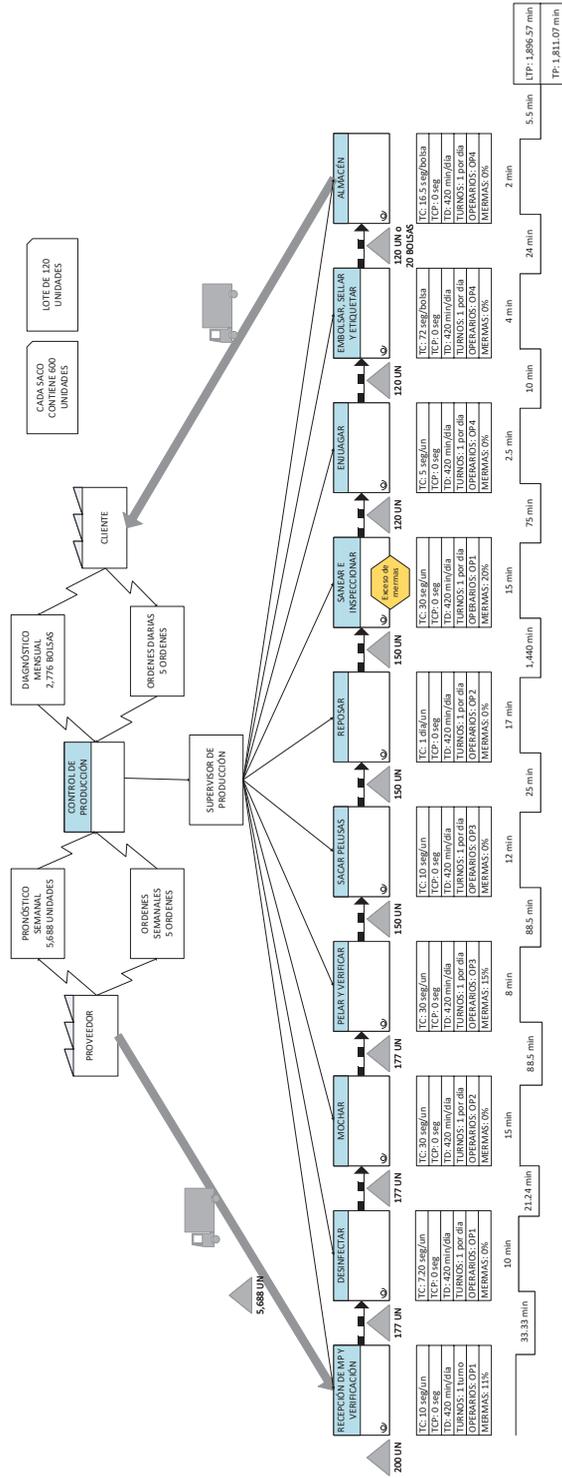
Con el fin de abordar esta pregunta y cumplir con los objetivos planteados, el presente trabajo se estructura en capítulos que incluyen la introducción, metodología, resultados, discusión, conclusiones y referencias.

2. METODOLOGÍA

La investigación se ha diseñado como una investigación empírica, de tipo cuantitativo y con enfoque cuasiexperimental, cuyo alcance es explicativo bajo la modalidad de estudio de caso. El objeto de estudio es el proceso de saneado, en el cual se propone un modelo que integra dos herramientas de ingeniería: 5S y SW. Por lo tanto, se definieron la implementación de estas herramientas como variables independientes y la productividad en la empresa agroindustrial como variable dependiente.

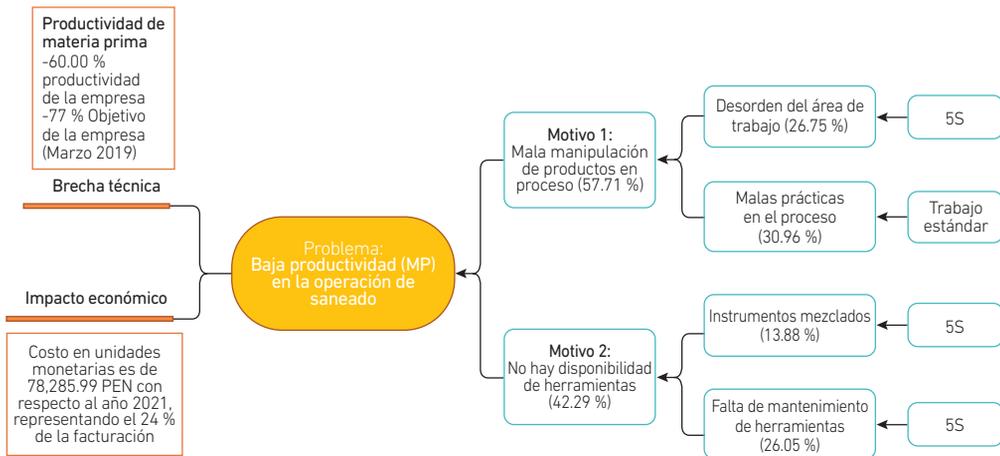
Para evaluar la situación inicial de la empresa y diagnosticar áreas de mejora, se utilizaron herramientas como el mapa de procesos, el mapa de flujo de valor (VSM) y estudios de tiempos y gráficas de control. Los indicadores claves de desempeño (KPI) analizados incluyeron la productividad de materia prima, el porcentaje de merma y el tiempo promedio de producción.

Figura 1
Mapa de flujo de valor (VSM)



El análisis del VSM reveló que la operación de saneamiento, proceso donde retocan los fondos de alcachofa para darle esa forma lisa que la caracteriza, con ayuda de cuchillos y cucharas afiladas, y donde se retira del proceso los fondos que no cumplen con los estándares de calidad en cuanto a forma y estética, pierde el 20 % de estos mismos en mermas. Ello evidencia que esta es la actividad con mayor pérdida, lo cual afectaba significativamente la productividad de la empresa. Un estudio de tiempos del proceso de saneado en tres fechas distintas mostró variaciones significativas en los tiempos de ejecución, confirmadas mediante gráficas de control que indicaban los problemas recurrentes y una necesidad urgente de estabilizar el proceso. Mediante el análisis de Pareto, se determinaron los principales motivos de la baja productividad, como la incorrecta manipulación del producto y la falta de mantenimiento de herramientas, lo que proporciona una base sólida para implementar las mejoras con las herramientas 5S y SW.

Figura 2
Árbol del problema



La investigación de Moran Olvera y Chávez Cujilán (2022) destaca la importancia de implementar herramientas para mejorar la productividad y aumentar los ingresos, como solución al problema más recurrente: la baja productividad en los puestos de trabajo. Siguiendo esta línea, se revisaron varias investigaciones que destacaron la eficacia de las herramientas de ingeniería para enfrentar desafíos similares a los encontrados en la empresa. Estos trabajos se cotejaron en una matriz de comparación de literatura, donde se demostró que las herramientas propuestas en el presente estudio son las óptimas para resolver problemas en empresas con condiciones similares del sector alimenticio y agroindustrial.

Figura 3
Matriz de comparación de literatura

Causas	Desorden en el área de trabajo	Malas prácticas en el proceso	Instrumentos mezclados	Falta de mantenimiento de herramientas
Artículos científicos				
Rojas-Benites et al., (2021)		5S, Trabajo estándar, Proyección de demanda y Kanban		
Pontes et al., (2023)	5S		5S	5S
Setiawan et al., (2021)		5S y Modelo de medición de desempeño		
Ojeda-Safra et al., (2021)		Ciclo de Deming, 5S, Trabajo estandarizado y Monitoreo visual		
Cabrera et al., (2020)	HACCP, VSM y 5S	HACCP, VSM y 5S		
L. Pinto et al., (2020).		Lean Manufacturing y Trabajo estándar		
Santos et al., (2021)	Takt time y Trabajo estándar	Takt time y Trabajo estándar	Takt time y Trabajo estándar	
Chaparin et al., (2023)		Trabajo estándar		Trabajo estándar
Moran & Chávez., (2022)	Ciclo de Deming y 5S		Ciclo de Deming y 5S	Ciclo de Deming y 5S
Dora et al., (2020)		Six sigma y Trabajo estándar		Six sigma y Trabajo estándar
Contreras et al., (2024)	5S y Trabajo estándar	5S y Trabajo estándar	5S y Trabajo estándar	
Flores et al., (2023)	5S, SLP y Kaizen	5S, SLP y Kaizen	5S, SLP y Kaizen	
Lau et al., (2022)	Trabajo estándar, Jidoka, Kanban y Control visual	Trabajo estándar, Jidoka, Kanban y Control visual	Trabajo estándar, Jidoka, Kanban y Control visual	
Propuesta: Implementación	5S	Trabajo estándar	5S	5S

Basado en la revisión de literatura, la matriz de comparación y herramientas de diagnóstico, se decidió utilizar las herramientas 5S y trabajo estándar en conjunto. Además, esta propuesta se puede respaldar por la investigación de Contreras Castañeda et al. (2024), quienes implementaron las mismas herramientas en una empresa agroindustrial de Colombia y obtuvieron resultados favorables para la empresa.

Por consiguiente, se desarrolló una propuesta de mejora para incrementar la productividad mediante la aplicación de las 5S y el trabajo estándar, que se enfocaron en la empresa analizada. El modelo propuesto está conformado por tres etapas: análisis de la información, herramientas y validación.

Figura 4
Constructo para desarrollar la propuesta de mejora



El componente de clasificación y organización aplica la metodología de las 5S, inicia con la clasificación de los elementos necesarios (*seiri*), su correcta ubicación (*seiton*) y la eliminación de suciedad (*seiso*). Luego, la estandarización (*seiketsu*) establece normas para mantener las mejoras implementadas, y la disciplina (*shitsuke*) asegura su aplicación continua mediante auditorías. Por otro lado, el componente de estandarización define una rutina estándar para el proceso de saneamiento, capacita a los operarios y supervisa la implementación a través de la toma de tiempos.

A diferencia de otras propuestas para incrementar la productividad en la agroindustria, el modelo propuesto no aborda problemas de maquinaria de gran escala, dado que el proceso estudiado requiere únicamente de instrumentos y herramientas. De esta manera, el aporte de este modelo radica en la incorporación de dos componentes principales: clasificación y organización, y estandarización. Estos se interrelacionan y generan una propuesta de mejora en ingeniería que se espera sea efectiva bajo condiciones específicas de la empresa estudiada y potencialmente útil para otras empresas del sector.

3. RESULTADOS

En la situación inicial, se identificaron dos motivos principales: la incorrecta manipulación de productos en proceso y la falta de disponibilidad de herramientas. Las causas del primer motivo incluían el desorden en el área de trabajo, lo que aumentaba el tiempo de búsqueda de las herramientas y ralentizaba el proceso, así como las malas prácticas de los operarios, que comprometían la calidad del producto. Las causas del segundo motivo eran la mezcla de herramientas y su falta de mantenimiento, lo que provocaba contaminación por óxido y su estado deteriorado, que generaba mermas.

Figura 5
Desorden del proceso y herramientas desorganizadas y oxidadas



A partir de lo observado, se optó por realizar un estudio de tiempos del proceso de saneado.

Tabla 1
Estudio de tiempos en situación inicial

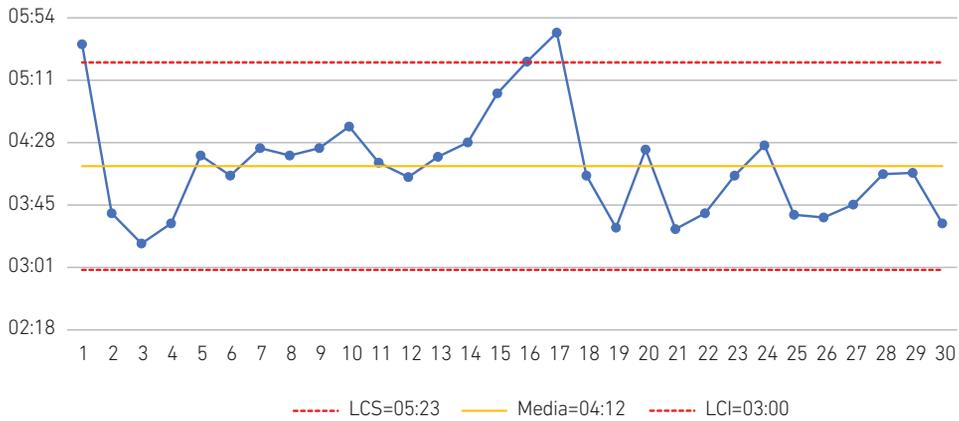
Día 1 (11/05/22)		Día 2 (18/05/22)		Día 3 (25/05/22)	
Observaciones	Minutos	Observaciones	Minutos	Observaciones	Minutos
1	05:36	11	04:14	21	03:28
2	03:39	12	04:04	22	03:39
3	03:18	13	04:18	23	04:05
4	03:32	14	04:28	24	04:26
5	04:19	15	05:02	25	03:38
6	04:05	16	05:24	26	03:36
7	04:24	17	05:44	27	03:45
8	04:19	18	04:05	28	04:06
9	04:24	19	03:29	29	04:07
10	04:39	20	04:23	30	03:32

Nota. Cada observación se da en base a una bolsa de seis unidades de producto terminado.

Asimismo, se realizó una gráfica de control X-MR (media y rango móvil) para evaluar las variaciones entre los tiempos de ejecución del proceso y los límites, basados en la muestra del análisis.

Figura 6

Gráfica de control: medidas individuales del tiempo de saneado



Como se puede observar, hay valores fuera de los límites, lo que señala la existencia de una variación significativa del proceso. Los puntos fuera de control sugieren que ciertas muestras de tiempo están alejadas de la tendencia general del proceso; es posible que estas variaciones se deban a problemas inesperados o fallas recurrentes durante el proceso de saneado.

Para abordar estas causas, se implementaron las metodologías 5S y trabajo estándar, que mejoraron la organización del área, pues estandarizaron los procedimientos de manejo y limpieza de herramientas, y optimizaron el proceso, lo que redujo el tiempo muerto y las pérdidas. El 22 de septiembre de 2022, se inició la prueba piloto con la capacitación en 5S, la cual comenzó con el primer componente: clasificación y organización. Esta fase incluyó la primera S, que define los instrumentos y materiales esenciales, la estimación de las cantidades necesarias y los recipientes que se etiquetaron con nombres y colores asignados.

Tabla 2

Clasificación y organización de elementos en el área de trabajo

N.º	Artículo	Cant.	Tipo de objeto	¿Son útiles?	Destino	Color cesta	Etiqueta
1	Cuchara afilada	1	Necesario	Sí	Organizar	Celeste	
2	Mesa	1	Necesario	Sí	Organizar		Mesa de saneado
3	Balde	1	Necesario	Sí	Organizar		Unidades para sanear
4	Recipiente final	1	Necesario	Sí	Organizar		Unidades saneadas
5	Recipiente de basura	1	Necesario	Sí	Organizar		Basura

(continúa)

(continuación)

N.	Artículo	Cant.	Tipo de objeto	¿Son útiles?	Destino	Color cesta	Etiqueta
6	Cucharas oxidadas que faltan limpiar	1	Dañado	No	Reparar	Rosado	
7	Cucharas que perdieron su forma	2	Obsoleto	No	Descartar	Basura	
8	Demás cucharas en buen estado	1	De más	Sí	Organizar	Celeste	
9	Sacos vacíos	2	De más	No	Descartar	Basura	
10	Par de guantes de látex	1	Necesario	Sí	Organizar	Marrón	
11	Cuchillo afilado	1	Necesario	Sí	Organizar	Gris	
12	Cuchillo sin afilar	1	Dañado	No	Reparar	Rosado	
13	Guantes rotos	1	Obsoleto	No	Descartar	Basura	
14	Demás cuchillos en buen estado	1	De más	Sí	Organizar	Gris	

En la siguiente figura, se pueden apreciar los recipientes debidamente etiquetados.

Figura 7
Baldes etiquetados



La segunda S se enfoca en ubicar los elementos del área con el objetivo de facilitar su ubicación, uso y reposición rápida para el trabajador. Los elementos de uso frecuente se colocaron junto al operario, los utensilios que se utilizan en ocasiones se colocaron con cierta cercanía al trabajador y los menos utilizados se sitúan cerca del área para un acceso eficiente sin interrumpir el flujo.

Tabla 3
Tabla de ubicaciones

N.º	Artículo	Cant.	Necesario	Frecuencia de uso	Ubicación
1	Cuchara afilada	1	Sí	A cada momento	Junto a la persona
2	Mesa	1	Sí	A cada momento	Junto a la persona
3	Recipiente de fondos a procesar	1	Sí	Varias veces	Cerca a la persona
4	Recipiente final de fondos	1	Sí	Varias veces	Cerca a la persona
5	Recipiente de basura	1	Sí	A cada momento	Junto a la persona
6	Par de guantes de látex	1	Sí	A cada momento	Junto a la persona
7	Cuchillo afilado	1	Sí	A cada momento	Junto a la persona
8	Demás cucharas en buen estado	1	Sí	Algunas veces	Cercano al área
9	Demás cuchillos en buen estado	1	Sí	Algunas veces	Cercano al área

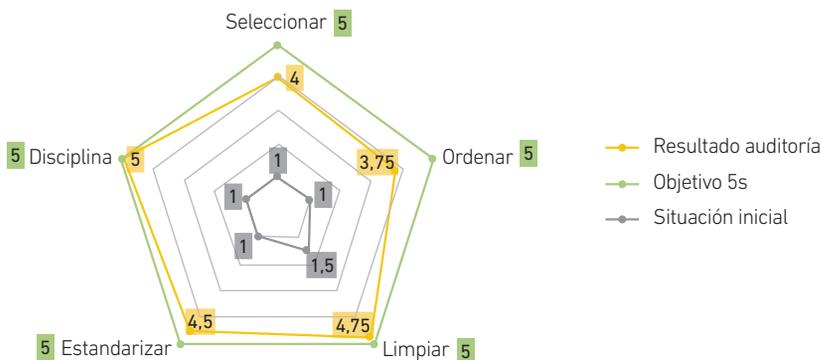
Para implementar la tercera *S* de limpieza, se utilizó un cronograma de aseo, colocado en un lugar visible para el operario. Ello le permitía seguir la frecuencia de las actividades y marcar las tareas completadas. Para la cuarta *S* de estandarización, se proporcionó una tabla de colores para asegurar la correcta ubicación de las herramientas en las cestas de clasificación también visible para facilitar su uso y mantener el orden en el área. Como resultado de las primeras cuatro *S*, se presenta la nueva distribución.

Figura 8
Nueva distribución con etiquetas y cestas de clasificación



Para finalizar, se realizaron dos auditorías quincenales cuyos resultados fueron registrados por la supervisora del área. Luego, se utilizó un gráfico radar que mostró que en la situación inicial el puntaje de orden, estandarización y selección era 1, mientras que en limpieza se alcanzó un 1,5. En promedio, las auditorías reflejaron valores entre 3,75 y 5.

Figura 9
Gráfico radar del resultado de la auditoría



Antes de implementar el trabajo estándar, no existía una rutina estándar en el proceso de saneado, lo que afectaba la productividad. Para abordar esta problemática, en la estandarización, que es el segundo componente, con el apoyo del supervisor se diseñó una rutina estándar y posteriormente, se procedió con la capacitación del operario, un proceso que se llevó a cabo durante dos días, el 27 y 29 de septiembre del 2022, para asegurar que el operario conozca y siga la rutina estándar propuesta.

Figura 10
Rutina estándar

FECHA : 25/09/2022		RUTINA DE TRABAJO DE SANEADO	
SUPPLY CHAIN		PROCESO DE PRODUCCIÓN	
1	Baldes con fondos de alcachofa, cuchillos, cucharas, gajates	INICIO	1. Alistar el área de trabajo 2. Tomar los baldes de fondos de alcachofa de la congeladora Operario de saneado
2	Unidad de fondo de alcachofa, cuchara afilada, tacho de basura	SANEADO INTERNO	3. Retirar la primera capa interna de forma uniforme 4. Dejar caer los desechos en el tacho de basura 5. Retirar los posibles desechos que quedan en la mesa de trabajo Operario de saneado
3	Unidad de fondo de alcachofa, cuchillo afilado, tacho de basura	SANEADO EXTERNO	6. Retirar la primera capa externa de forma uniforme 4. Dejar caer los desechos en el tacho de basura 5. Retirar los posibles desechos que quedan en la mesa de trabajo Operario de saneado
4	Unidades de fondo de alcachofa	VERIFICAR	6. Control visual del buen estado de la unidad y de su buena presentación 7. En caso de no uniformidad, reprocesarlo 8. En caso de que la unidad presente un agujero o una falla grave, eliminarlo del proceso Operario de saneado
5	Unidades de fondo de alcachofa, recipiente final	FIN	9. Poner las unidades de fondos de alcachofa en el recipiente final de este proceso Operario de saneado

Dada la situación inicial observada en la Figura 5, se estandarizaron las posiciones, herramientas y materiales de acuerdo con las ubicaciones en la Tabla 3. Además, se asignó un lugar específico para cada elemento, como se muestra en la Figura 8, con el objetivo de normalizar la secuencia de actividades y minimizar el tiempo que los operarios dedicaban a buscar o reorganizar sus herramientas. Posteriormente, se realizaron sesiones de toma de tiempos mediante visitas a la estación de trabajo el 21 y 28 de octubre y el 4 de noviembre, un mes después de la implementación de las herramientas, para observar la evolución. Se presenta la tabla de los tiempos obtenidos con las mejoras implementadas.

Tabla 4
Tiempo de saneado en situación final

Día 1 (21/10/22)		Día 2 (28/10/22)		Día 3 (04/11/22)	
Observaciones	Minutos	Observaciones	Minutos	Observaciones	Minutos
1	04:42	11	03:33	21	02:54
2	03:04	12	03:25	22	03:04
3	02:46	13	03:36	23	03:26
4	02:58	14	03:45	24	03:43
5	03:37	15	04:13	25	03:03
6	03:26	16	04:32	26	03:01
7	03:41	17	04:49	27	03:09
8	03:37	18	03:26	28	03:26
9	03:41	19	02:55	29	03:27
10	03:54	20	03:41	30	02:58

Nota. Cada observación se da en base a una bolsa de seis unidades de producto terminado.

4. DISCUSIÓN

En relación con los indicadores y objetivos planteados, se comparó la situación inicial con la posterior a la prueba piloto, que consideró la implementación de las herramientas y las capacitaciones.

Respecto al primer indicador, la productividad de materia prima, se calculó la productividad total con los datos del 2021 y, para la situación actual, se determinó a partir de los datos obtenidos tras la implementación de la propuesta, con un periodo de medición de un mes. Aunque no se alcanzó la meta del 77 %, la productividad total de materia prima mejoró en un 7,71 %. Para el segundo indicador, las mermas del saneado, cabe resaltar que se tiene como antecedente un análisis de valores históricos, donde se evidenció un valor inicial de 19,79 %. El objetivo para este indicador era reducir las mermas en un 10 %; al calcular la variación, se logró una disminución del 10,19 %, lo que superó el objetivo. En cuanto al tercer indicador, la

productividad de la actividad de saneado, se partió en base al cálculo otorgado por la empresa, que reflejaba un resultado del 80,21 % antes de la prueba piloto. Con la aplicación del modelo de mejora, se alcanzó un valor promedio de 90,39 %, que superó la meta del 85 %. Con respecto al último indicador, el tiempo promedio de la actividad de saneado, inicialmente este valor era de cuatro minutos y doce segundos por cada seis unidades. La meta, que era reducir al menos en un 15 %, se cumplió, pues se logró una disminución del 15,08 %.

Los resultados obtenidos de la prueba piloto fueron comparados con investigaciones en empresas del mismo sector que utilizaron diferentes herramientas de ingeniería. En el estudio de Ortiz-Porras et al. (2023), la aplicación de *green lean six sigma* y *poka-yoke* en una empresa procesadora de frutas resultó en una mejora del 2,4 % en la productividad de la materia prima. En contraste, nuestro estudio alcanzó una mejora del 7,71 % con el uso de las herramientas 5S y trabajo estándar. Respecto a la reducción de mermas, el estudio de Backar et al. (2022) en una mediana empresa de alimentos mostró una disminución del 0,7 % en pérdidas de materia prima mediante la aplicación de *lean six sigma*, mientras que el presente trabajo logró una reducción del 10,19 % con las herramientas 5S y SW. Finalmente, Contreras Castañeda et al. (2024) reportaron una reducción del 10 % en el tiempo de producción mediante el uso de 5S, estandarización y principios Kaizen en una empresa agroindustrial, en contraste con la reducción del 15,08 % obtenida en este estudio solo con 5S y SW. En consecuencia, estos resultados demuestran la efectividad de las herramientas seleccionadas en el presente estudio para mejorar la eficiencia y reducir las pérdidas en el proceso de saneado.

Desde la perspectiva económica, se lograría conseguir una reducción anual del 56,23 % en el costo asociado a las mermas del saneado y la mano de obra, lo que representa un ahorro económico de S/ 19 382. Esta reducción se debe a la optimización del uso de la materia prima y a la mejora de los procesos operativos, lo que disminuye las pérdidas y aumenta la eficiencia del saneado.

En cuanto a la mejora de los tiempos de producción, se obtuvo una reducción de 41 segundos por bolsa procesada. Esta mejora, aparentemente pequeña, se traduce en un ahorro diario de 51 minutos y 56 segundos, equivalente a 311 horas adicionales de producción al año. Este tiempo extra permitió la fabricación de dos bolsas de alcachofas bebé por seis unidades adicionales por día en el 2021, lo que se tradujo en 769 bolsas adicionales al año, que originó un ingreso extra potencial de S/ 9228. En resumen, la aplicación de las herramientas 5S y trabajo estándar generaría una mejora económica total de S/ 28 609,85, que combina la reducción de costos con los ingresos adicionales. Estos resultados resaltan el impacto positivo de estas herramientas no solo en la eficiencia operativa, sino también en la rentabilidad, y subrayan la importancia de la optimización continua de procesos para mantener la competitividad.

5. CONCLUSIONES

Tras la implementación del modelo de gestión propuesto, se lograron mejoras significativas en la productividad y eficiencia del proceso productivo. El rendimiento de la materia prima aumentó de manera notable de un 60,68 % a un 68,38 %. Asimismo, el proceso de saneado, identificado como la principal fuente de desperdicios, experimentó una mejora en su eficiencia, ya que redujo los desperdicios en un 10,19 %, lo que llevó al rendimiento en esta área a un 90,39 %. Estos avances se atribuyen a la aplicación de las herramientas 5S y trabajo estándar, que demostraron ser más efectivas en la reducción de mermas y tiempos de ciclo que otras metodologías comparables.

El indicador de mermas en el proceso de saneado mostró una reducción significativa, con un 10,19 % menos de desperdicios respecto del nivel inicial, lo que superó las expectativas, es decir, se evitó la pérdida de aproximadamente 1316 unidades de producto final por mes. En términos de tiempo de ciclo, se observó una disminución del 15,08 %, lo que refleja claramente la eficacia de las herramientas implementadas en mejorar la eficiencia operativa. El impacto económico de estas mejoras se tradujo en un beneficio tangible de S/ 28 609,85, lo que resalta la importancia de optimizar los procesos para obtener resultados financieros positivos.

REFERENCIAS

- Backar, S., Raafat, B., & Harraz, N. (2022, 24-26 de enero). *Application of lean six sigma in industry: A sugar company case study* [Presentación de escrito]. 24th ATHENS Int'l Conference on "Advances in Science, Engineering & Waste Management", Atenas, Grecia. <https://doi.org/10.17758/eirai12.eap0122204>
- Banco Central de Reserva del Perú. (2024). *Producto bruto interno por sectores productivos (millones S/ 2007) - Agropecuario - Agrícola*. <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/anuales/resultados/PM04987AA/html/2012/2024/>
- Cabrera, J., Corpus, O., Maradiegue, F., & Álvarez Merino, J. C. (2020). Improving quality by implementing lean manufacturing, SPC, and HACCP in the food industry: A case study. *The South African Journal of Industrial Engineering*, 31(4), 194-207. <https://doi.org/10.7166/31-4-2363>
- Chaparin, R., Sequeiros, L. J., & Ramos, E. (2023, 4-6 de diciembre). *Sustainable lean manufacturing model to reduce waste in a dairy company in Peru* [Presentación de escrito]. Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology. <https://doi.org/10.18687/LEIRD2023.1.1.465>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, & Instituto Interamericano de Cooperación para

- la Agricultura. (2021, 2 de septiembre). *Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas. Una mirada hacia América Latina y el Caribe 2021-2022*. CEPAL, FAO, IICA. <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/ec69fe51-5719-427b-9be3-7799ad4aa076>
- Contreras Castañeda, E. D., Gordillo Galeano, J. J., & Olaya Rodríguez, K. J. (2024). Lean-Kaizen startup in panela production processes: the case of a trapiche. *Cogent Engineering*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2322834>
- Dora, M., Wesana, J., Gellynck, X., Seth, N., Dey, B., & De Steur, H. (2020). Importance of sustainable operations in food loss: evidence from the Belgian food processing industry. *Annals of Operations Research*, 290, 47-72. <https://doi.org/10.1007/s10479-019-03134-0>
- Flores, A. E., Huamán, D., & Carrillo, M. (2023, 1-9 de julio). *Design of improvement proposal for the reduction of waste through the 5s methodology and systematic layout planning under a kaizen environment in a bakery company in the food sector, 2022* [Presentación de escrito]. Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, Buenos Aires, Argentina. <https://doi.org/10.18687/laccei2023.1.1.802>
- Grupo Banco Mundial. (2024, 15 de marzo). *Agricultura y alimentos*. <https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/overview#1>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2023). *Encuesta Nacional Agropecuaria, 2022. Informe. Metodología y cálculo de indicadores. Resultados Anuales*. https://proyectos.inei.gob.pe/iinei/srienaho/Descarga/DocumentosMetodologicos/2022-62/04_INFORME_MEF_2022.pdf
- Lau-Suárez, S., Tejada-Avila, S., Flores-Perez, A., Quiroz-Flores, J., & Collao-Díaz, M. (2022, 15-18 de abril). *Application of lean tools to reduce waste in an organic mango exporting company: an investigation in Peru* [Presentación de escrito]. WCSE 2022 Spring Event: 2022 9th International Conference on Industrial Engineering and Applications, Sanya, China. <https://doi.org/10.18178/wcse.2022.04.112>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2021). *Promulgan ley de industrialización del agro*. Plataforma del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/511325-promulgan-ley-de-industrializacion-del-agro>
- Moran Olvera, B. M., & Chávez Cujilán, Y. T. (2022). Metodología 5S como herramienta para mejorar la productividad en las empresas. *AlfaPublicaciones*, 4(1.1), 358-371. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i1.1.164>
- Ojeda-Safra, O., Saravia-Goicochea, B., Viacava-Campos, G., & Cardenas, L. (2021, 27-29 de septiembre). *A model for increasing palm oil production efficiency at an*

- agro-industrial company through lean manufacturing* [Presentación de escrito]. ACM International Conference Proceeding Series, Macau, China. <https://doi.org/10.1145/3494583.3494633>
- Ortiz-Porras, J. E., Bancovich-Erquínigo, A. M., Candia-Chávez, T. C., Huayanay-Palma, L. M., Moore-Torres, R. K., & Tinoco Gomez, O. R. (2023). Green lean six sigma model for waste reduction of raw material in a nectar manufacturing company of Lima, Peru. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 16(2), 169-185. <https://doi.org/10.3926/jiem.4916>
- Pawlak, S., Nowacki, K., & Kania, H. (2023). Analysis of the impact of the 5S tool and Standardization on the duration of the production process - case study. *Production Engineering Archives*, 29(4), 421-427. <https://doi.org/10.30657/pea.2023.29.47>
- Pontes da Costa, R., Mendonça de Souza, T., Vasconcelos Barros, B., Coelho da Silva, V., Da Silva Freitas, E., & Vasconcelos Simões, A. (2023). Logistics management: a future perspective on logistics processes with the application of the 5S method at Bramam company in Parintins, Amazonas. *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications*, 9(44), 35-48. <https://doi.org/10.5935/jetia.v9i44.1010>
- Rojas-Benites, S., Castro-Arroyo, A., Viacava, G., Aparicio, V., & Del Carpio, C. (2021). *Reduction of waste in an SME in the meat sector in Peru through a lean manufacturing approach using a model based on 5S, Standardization, Demand Forecasting and Kanban* [Presentación de escrito]. ACM International Conference Proceeding Series, Macau, China. <https://doi.org/10.1145/3494583.3494592>
- Santos, D. M. C., Santos, B. K., & Santos, C. G. (2021). Implementation of a standard work routine using Lean Manufacturing tools: A case Study. *Gestao e Producao*, 28(1), e4823. <https://doi.org/10.1590/0104-530X4823-20>
- Setiawan, N., Salleh, M. R., Ariff, H. A., Rahman, M. A. A., Mohamad, E., Sulaiman, M. A., Zaini, F. F., & Ito, T. (2021). A proposal of performance measurement and management model for 5S sustainability in manufacturing SMEs: A review. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, 15(2), 1-15. <https://doi.org/10.1299/JAMDSM.2021JAMDSM0017>

Propuesta para mejorar la eficiencia y calidad del servicio de un almacén mediante SLP. Caso: programa de complementación alimentaria en una región con un alto nivel de pobreza

Ángel Jesús Torres Aliaga

<https://orcid.org/0000-0002-2157-4658>

Carrera de Ingeniería Industrial

Universidad de Lima, Perú

20173948@aloe.ulima.edu.pe

Alexandra Vásquez Idrogo

<https://orcid.org/0000-0002-6990-6105>

Carrera de Ingeniería Industrial

Universidad de Lima, Perú

20173948@aloe.ulima.edu.pe

Maria Teresa Noriega-Araníbar

<https://orcid.org/0000-0001-6824-1415>

Carrera de Ingeniería Industrial

Universidad de Lima, Perú

Marianorieg@ulima.edu.pe

Recibido: 27 de julio del 2024 / Aceptado: 28 de agosto del 2024

Publicado: 25 de abril del 2025

doi: <https://doi.org/10.26439/ciii2024.7786>

RESUMEN. El objetivo del estudio es aumentar la eficiencia en el nivel de servicio dentro del almacén del Programa de Complementación Alimentaria (PCA) mediante la aplicación de la metodología de *systematic layout planning* (SLP). La problemática radica en la baja eficiencia de las actividades de recepción y despacho, lo que incrementa el esfuerzo y el trabajo de los

operarios. El estudio se ubica en la provincia de Cajamarca, una de las regiones con mayores índices de pobreza (42,5 %) a nivel nacional, hasta el 2021. La aplicación de la metodología SLP ayudó a desarrollar propuestas de mejora de una manera más accesible en un contexto en el que los programas sociales carecen de recursos para la implementación de metodologías complejas o de costosos *softwares* de simulación de diseño de instalaciones. Como resultado, el *layout* propuesto logró una mejora del 78,1 % en el nivel de servicio y una reducción del 99,04 % del esfuerzo.

PALABRAS CLAVE: programa social / planificación sistemática de la distribución / diseño de almacenes / mejora del nivel de servicio / reducción de esfuerzo

PROPOSAL TO IMPROVE THE EFFICIENCY AND SERVICE QUALITY OF A WAREHOUSE THROUGH SLP. CASE: FOOD SUPPLEMENTATION PROGRAM IN A REGION WITH A HIGH LEVEL OF POVERTY

ABSTRACT. The objective of the study is to increase the efficiency of the service level within the Food Complementation Program (PCA) warehouse through the application of the Systematic Layout Planning (SLP) methodology. The problem lies in the low efficiency of the reception and dispatch activities, which increases the effort/work of the operators. The study is located in the province of Cajamarca, one of the regions with the highest poverty rates (42,5 %) at the national level, until 2021. The application of the SLP methodology helped to develop improvement proposals in a more accessible way in a context where social programs lack resources for the implementation of complex methodologies or expensive facility design simulation software. As a result, the proposed layout achieved a 78,1 % improvement in the level of service and a 99,04 % reduction in effort.

KEYWORDS: social program / systematic distribution planning / warehouse design / service level improvement / effort reduction

1. INTRODUCCIÓN

El hambre es uno de los mayores problemas a los que se ha enfrentado la humanidad. Se podría pensar que, en un mundo de abundancia, en el que se producen alimentos suficientes para alimentar a todo el planeta, el hambre debería ser cosa del pasado. Sin embargo, una de cada nueve personas sigue acostándose con hambre (World Food Programme, 2021). A nivel global, el Programa Mundial de Alimentos (PMA) es la principal organización humanitaria que salva y cambia vidas, proporciona asistencia alimentaria en situaciones de emergencia y trabaja con las comunidades para mejorar la nutrición y aumentar la resiliencia. Su Plan Estratégico 2017-2021 alinea el trabajo de la organización con el llamado mundial a la acción de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que prioriza los esfuerzos para eliminar la pobreza, el hambre y la desigualdad (según el segundo Objetivo de Desarrollo Sostenible [ODS], hambre cero) (World Food Programme, 2021).

A nivel nacional, según el Ministerio de Salud et al. (2023), desde el 2009 hasta el primer semestre del 2021, la desnutrición crónica en el Perú ha disminuido en un total de 10,4 puntos porcentuales. A pesar de ello, se registró hasta el 2021 que el 20,5 % de la población peruana sufre de desnutrición, es decir, existen aproximadamente 6,8 millones de personas que enfrentan estos problemas a nivel nacional (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura et al., 2023). Como ya lo ha señalado la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2018), en el Perú existe una marcada brecha territorial en la prevalencia de la desnutrición crónica. Las regiones con mayor índice de desnutrición, según el Ministerio de Salud et al. (2023), son Huancavelica (24,1 %), Cajamarca (21,5 %) y Amazonas (21,4 %).

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2023), en el Perú los programas sociales se dirigen a zonas afectadas por la pobreza o pobreza extrema. Por ello, esta investigación se centra en Cajamarca, una de las regiones con mayores índices de pobreza (42,5 %) a nivel nacional (Instituto Peruano de Economía, 2021). Según el informe *Perú: indicadores de gestión municipal 2022* (INEI, 2023), entre el 2018 y el 2021, esta región ocupa el segundo lugar con mayor número de comedores populares y el cuarto lugar con mayor número de beneficiarios a nivel nacional. Asimismo, la Oficina de Servicios de Investigación y Seguimiento Presupuestario del Congreso de la República (2023), en su Reporte Temático 125/2022-2023, informó que el gasto social asignado al cierre del mes de abril del 2023 por el Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social (Midis) para programas sociales en este departamento asciende a S/ 199,1 millones. Este presupuesto es el segundo más alto en comparación con otras regiones del Perú. Por ello, la investigación se centrará específicamente en el Programa de Complementación Alimentaria (PCA) de Cajamarca. La problemática en este centro de atención radica en la baja eficiencia de las actividades de recepción y despacho, lo que incrementa el esfuerzo y el trabajo de los operarios del almacén. Por esta razón, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo la aplicación del *systematic layout planning* (SLP) puede aumentar la eficiencia en el nivel de servicio dentro del almacén?

Según Ruel y Alderman (2013) y Calderón-Martínez et al. (2017), los programas sociales son estrategias para el desarrollo nutricional de una comunidad específica. La motivación de dichos programas define el impacto en la población objetivo, así como la metodología utilizada para el diseño e implementación del programa (Calderón-Martínez et al., 2017). Chamorro Rosero (2014) afirma que la seguridad alimentaria que se brinda en estos centros debe cumplir con los siguientes aspectos: disponibilidad de alimentos; acceso a los alimentos; estabilidad de la oferta y acceso a los alimentos; utilización y aprovechamiento de los alimentos. Por lo tanto, es posible suponer que las actividades que tienen lugar dentro de cualquier almacén de programas sociales son cruciales para los procesos de distribución. Sin embargo, un factor importante para que este proceso se desarrolle correctamente es la distribución adecuada de los espacios disponibles dentro del almacén (Zakirah et al., 2018). Así, una correcta disposición física es relevante para lograr una alta eficiencia operativa (Turati & Filho, 2016) y para maximizar la facilidad de acceso y uso de los materiales disponibles en los almacenes (Gozali et al., 2020). Es por esto que el objetivo de la investigación es aumentar la eficiencia en el nivel de servicio dentro del almacén del PCA mediante la aplicación de la herramienta de SLP.

El PCA, según el Midis (s. f.), es un programa que brinda apoyo alimentario a sus usuarios a través de centros de atención (comedores). Los alimentos suministrados por el PCA son lentejas, arroz superior, aceite vegetal y caballa en conserva, los que se consideran alimentos no perecibles, que, según el Minsa, en la Resolución Ministerial 066-2015 (2015), son aquellos que para su conservación no requieren ser almacenados en condiciones de refrigeración o de congelación. El espacio utilizado para el almacenamiento de estos alimentos cumple con las condiciones sanitarias generales tanto para alimentos perecibles como no perecibles; estas son las siguientes: exclusividad, ubicación, estructura, protección contra plagas, pisos, paredes, techos, ventanas y puertas, iluminación y ventilación (Resolución Ministerial 066-2015).

En esta línea, la metodología SLP, propuesta por Díaz Garay y Noriega (2017, pp. 199-206) y por Muther (1970), tiene como objetivo optimizar una planta, brindar un mejor servicio y minimizar los costes. Esta herramienta

es un modelo de sistematización de procedimientos en busca de una disposición física teóricamente óptima y no ideal, ya que, a través de restricciones prácticas y consideraciones de cambio, la disposición física ideal se ajusta y se transforma en la disposición física óptima. (Campos & Silva, 2020)

Esta metodología trata de identificar, entre varias propuestas alternativas de disposición, la que mejor se adapte a los procedimientos operativos del departamento y a las estrategias de la institución (Yang et al., 2000). El SLP es un procedimiento utilizado para establecer la distribución de los puestos de trabajo en función de la proximidad y su relación de frecuencia (Febriandini & Yuniaristanto, 2019). Como menciona Zakirah et al. (2018), “la planificación sistemática de la distribución (SLP) es el método más adecuado para realizar la distribución del almacén junto con el flujo de trabajo”.

2. METODOLOGÍA

En este estudio, la hoja de ruta de la investigación tendrá un enfoque cuantitativo, ya que se utilizarán indicadores, los cuales ayudarán a evaluar la eficiencia de las propuestas, así como la selección de una de estas. En cuanto al diseño metodológico de la investigación, se considera experimental, porque hay modificaciones en las variables independientes y se evalúa la variación de estas para poder comparar los resultados obtenidos entre estos (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018). La variable independiente es el volumen de alimentos del PCA, que no será manipulado, sino solo observado y utilizado como dato para el desarrollo de la metodología propuesta. Además, esta investigación utiliza un diseño transversal, es decir, los datos se recogen en un único momento (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018). Por lo tanto, para este estudio se trabajará con los datos proporcionados por la gerencia de PCA de 2022. Asimismo, se definió que el alcance del proyecto sea descriptivo, ya que selecciona una serie de temas y luego recoge información sobre cada uno de ellos, con el fin de representar lo que se está investigando (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018). Como se mencionó anteriormente, esta investigación hará uso de los registros proporcionados por la Dirección del PCA. Cabe destacar que este estudio se limita a las dos plantas del almacén, donde se almacenan los alimentos para los comedores sociales; no se están considerando áreas administrativas, puesto que eso se maneja en las oficinas de la Gerencia de PCA. En cuanto a la parte práctica de la investigación, se utilizará como base la metodología SLP de la ingeniería industrial.

3. RESULTADOS

Para poder definir el problema principal del almacén del PCA, se utilizó la herramienta Ishikawa, la que permitió orientar y organizar los diferentes problemas encontrados, lo cual dio como resultado el problema principal: baja eficiencia en las actividades del almacén. La Figura 1 muestra el resultado del análisis descrito.

Figura 1
Diagrama de Ishikawa



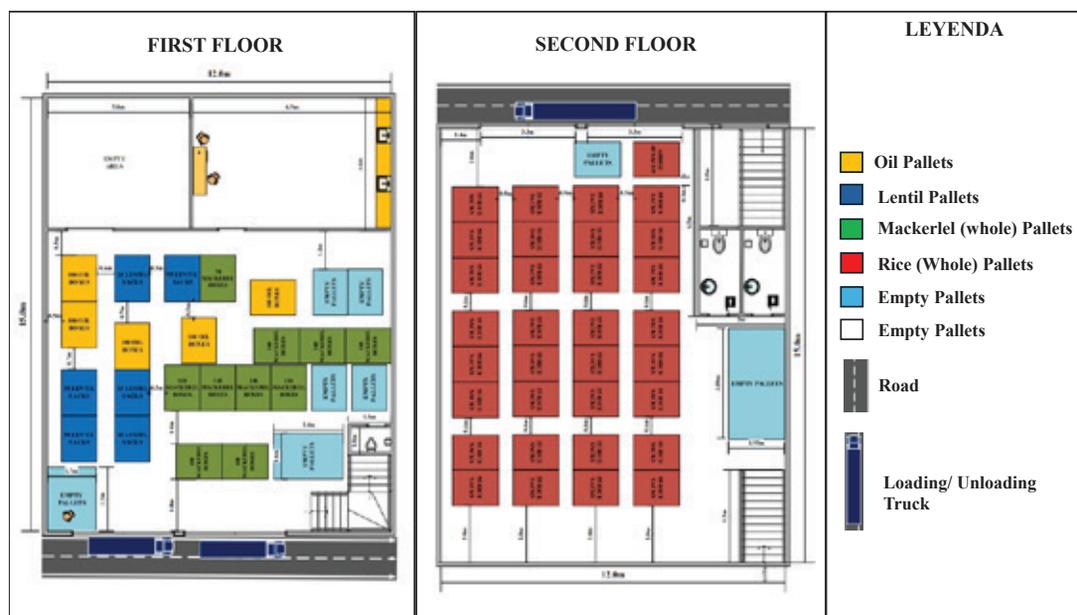
La información que se considera necesaria para la primera etapa del SLP es el volumen anual de alimentos y el plano inicial de las dos primeras plantas del almacén. Respecto de la primera, la cantidad total llega al almacén en tres entregas repartidas a lo largo del año. Las cantidades se especifican en la Tabla 1. La Figura 2 muestra la distribución de alimentos para la primera entrega.

Tabla 1
Volumen de entrega de alimentos trimestral

Descripción	Cantidad anual	Unidad	Conversión de unidades	Primera entrega	Segunda entrega	Tercera entrega	Unidades
Aceite	20 315	L	12 L/cajas	500	500	693	Cajas
Arroz	279 016	kg	50 kg/sacos	1800	1800	1980	Cajas
Lenteja	42 199	kg	50 kg/sacos	280	280	284	Cajas
Latas de atún	89 326	Latas	24 Latas/cajas	1250	1250	1222	Cajas

El plano inicial del primer y segundo piso del almacén del PCA no presenta un esquema o una disposición de los alimentos bien definido. Esto significa que los alimentos se disponen aleatoriamente en *pallets* y donde haya espacio disponible. Los *pallets* ocupan una superficie de 152,34 m² en ambas plantas, lo que representa el 25,93 % de la superficie total de las dos plantas del almacén.

Figura 2
Layout original de la primera entrega del PCA



A partir de la información de la segunda fase de la metodología, se ha podido determinar, mediante un análisis de desplazamiento de los productos, que la disposición actual del almacén dificulta el desplazamiento para el personal. La Tabla 2 muestra que las personas encargadas de la carga y descarga de los productos recorren una distancia total de 325 065 m: 162 536 m para la carga y 162 536 m para la descarga. Estos desplazamientos se han representado en el *Diagrama de recorrido* (véase la Figura 3).

Tabla 2
Flujo de trabajo del layout

Alimento	Cantidad de entrada	Distancia de movimientos (m)	Movimientos totales	Cantidad de salida	Distancia de movimientos (m)	Total de movimientos (m)
Cajas de aceite	500	20,8	10 400	500	20,8	10 400
Sacos de arroz	1800	68,1	122 514	1800	68,1	122 514
Sacos de lenteja	280	10,7	2984	280	10,7	2984
Cajas de latas	1250	21,3	26 634	1250	21,3	26 634
TOTAL			162 532			162 532

Figura 3
Diagrama de recorrido



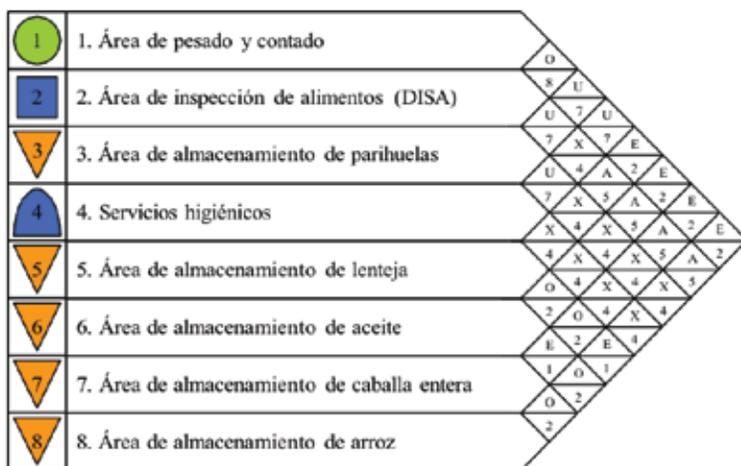
También se ha determinado que el almacén necesita las siguientes zonas para poder realizar correctamente sus operaciones: zona de pesaje y recuento, zona de inspección de la Dirección de Salud (DISA), zona de almacenamiento de *pallets* vacíos y zonas de almacenamiento definidas para aceite, lentejas, caballa entera y arroz. Además, teniendo en cuenta que la tercera entrega es en la que se prevé recibir más alimentos, el almacén debe estar diseñado de forma que este mayor volumen de alimentos no dificulte su distribución y transporte.

Utilizando la tabla relacional entre zonas, se estableció la importancia de la proximidad de una zona a otra. Además, se elaboró una lista de ocho razones que identifican los valores de proximidad entre las áreas:

1. Mínimo espacio ocupado
2. Mínima distancia recorrida
3. Facilidad de transporte
4. Sanidad del alimento
5. Atención rápida
6. Facilidad de carga y descarga
7. Sin importancia
8. Aprovechamiento del espacio

En consecuencia, se elaboró la tabla relacional entre actividades que se muestra en la Figura 4.

Figura 4
Matriz de relación entre actividades



Una vez creada la tabla relacional (véase la Figura 4), se elaboró el diagrama relacional. Este diagrama muestra de forma visual la relación e importancia de proximidad de cada área.

Además, mediante la comparación entre el espacio disponible y el espacio necesario, se estableció que la superficie mínima necesaria para el almacenamiento es de 153,02 m² (véase la Tabla 3). El tamaño de las áreas detallado en la Tabla 3 se estimó en las visitas al almacén. El área de almacenamiento de alimentos se calculó tomando en cuenta la cantidad de cada tipo de alimento (sacos de arroz y lentejas, cajas de caballa y aceite) y la distribución que se tiene actualmente en el almacén.

Tabla 3

Área mínima requerida

	Áreas	Medida (m)	Piso
1	Área de pesado y conteo	3,26	1 y/o 2
2	Área de inspección (DISA)	8,4	1 y/o 2
3	Área de pallets	15,36	1
4	Baños	10,8	1 y 2
5	Área de almacenaje de lentejas	11,52	1 y/o 2
6	Área de almacenaje de aceite	11,52	1 y/o 2
7	Área de almacenaje de latas de atún	21,12	1 y/o 2
8	Área de almacenaje de arroz	71,04	1 y/o 2
	Total	153,02	

Basándose en la metodología SLP, se elaboraron tres propuestas de distribución diferentes. Los planos siguen la metodología de diseño de instalaciones, el cual indica que debe aprovecharse al máximo el espacio cúbico del almacén. Por lo tanto, se han diseñado dos tipos de estanterías teniendo en cuenta las características del almacén. La primera estantería tendrá tres pisos para alojar seis *pallets*, dos por piso. Se utilizará, en los primeros, 6,5 m de la segunda planta, ya que este espacio supera los 2,5 m de altura. La segunda estantería tendrá dos pisos y se utilizará en la primera planta y en la parte trasera de la segunda planta. Esto se debe a que en estos espacios la altura está limitada a 2,5 m. Ambas estanterías tendrán un ancho de 1,6 m, una longitud de 2,4 m y una altura de 3 m y 2,4 m, respectivamente, tanto para la segunda planta como para la primera. En todas las propuestas se ha habilitado una zona específica para el pesaje y las inspecciones de DISA.

Se ha propuesto utilizar una carretilla elevadora de pasillo estrecho con una capacidad para 1400 kg. Esto simplificará el uso de las estanterías y reducirá el esfuerzo de los operarios para transportar los alimentos.

Para cada propuesta diseñada, se elaboró un plano con su respectivo cuadro de flujo de trabajo. Con los datos recolectados fue posible evaluar las propuestas mediante el uso de los

indicadores antes mencionados, con lo cual se obtuvo los resultados que figuran en las tablas 4, 5 y 6.

Tabla 4
Indicador 1

	Layout original	1. ^a propuesta	2. ^a propuesta	3. ^a propuesta
Área usada (m ²)	152,34	153,02	150,48	150,48
Total de área del almacén (m ²)	600	600	600	600
Espacio requerido	25,39 %	25,50 %	25,08 %	25,08 %
% de reducción de espacio requerido		-0,44 %	1,22 %	1,22 %

Tabla 5
Indicador 2

	Esfuerzo inicial	1. ^a propuesta	2. ^a propuesta	3. ^a propuesta
Total esfuerzo (tn-km)	22 522 128	219 326	215 905	3 914 693
% de variación de eficiencia		99,03 %	99,04 %	82,62 %

Tabla 6
Indicador 3

	Original layout	1. ^a propuesta	2. ^a propuesta	3. ^a propuesta
# de comedores	57	57	57	57
Total H-H	102,17	23,23	22,33	82,04
# comedores/ H-H	0,56	2,45	2,55	0,69
% mejora de nivel de servicio		77,3 %	78,1 %	19,7 %

4. DISCUSIÓN

A partir de los resultados mostrados en el indicador 1 (véase la Tabla 4), se observa que no hay mucha diferencia entre propuestas. Además, estas se desarrollaron tomando en cuenta el aumento de alimentos de la tercera entrega. Trabajos similares, como el de Gozali et al. (2020), también utilizan el indicador de reducción de espacio. Los resultados mostraron que no había diferencias significativas en las propuestas desarrolladas. Por otro lado, en la investigación de Zakirah et al. (2018), el indicador de porcentaje de reducción de espacio ha sido de hecho de mayor relevancia, ya que, al redistribuir el almacén, se encuentran con un área diferente a la original. En esta redistribución se logró reducir el espacio utilizado del almacén de 3000 m² a 2588 m². Así, al analizar este indicador en diferentes estudios, se ha observado que la reducción de espacio es de mayor relevancia cuando el almacén se va a redistribuir por completo o cuando se va a utilizar un nuevo espacio para tal fin.

Dentro del análisis del segundo indicador (véase la Tabla 5), se han tomado en cuenta tanto el volumen de alimento que se va a recepcionar como el recorrido que se llevará a cabo para poder realizar cada entrega de alimentos. De este indicador, el factor determinante para poder conseguir una diferencia significativa en la reducción del esfuerzo será la distancia recorrida, ya que la cantidad de alimento a movilizar se mantendrá para cada propuesta. Las dos primeras propuestas consiguieron una mejora de más del 95 % en la reducción de las distancias de movimiento, gracias a que la carretilla elevadora facilita el transporte de alimentos y reduce el esfuerzo de los operarios. En la tercera propuesta, se utilizó un mayor número de *pallets* para organizar mejor los espacios, con lo cual se minimizó el costo de implementación de los *racks*, a comparación de las otras dos propuestas. El resultado fue una reducción del 63 % del flujo de trabajo. En una investigación similar, realizada por Sunardi et al. (2020), se pudo reducir el flujo de materiales en un 57 %. Del mismo modo, Zakirah et al. (2018) consiguieron reducir el flujo de trabajo del almacén en un 44 %. Asimismo, Febriandini y Yuniaristanto (2019) muestran que la reducción de la manipulación de materiales también puede vincularse a la reducción de los costes de flujo. En este sentido, se observó que fue posible reducir los costos involucrados en el flujo de materiales en 40 % y 47 %, según cada propuesta respectivamente.

Teniendo esto en cuenta, y considerando el resultado del cálculo de esfuerzo de las propuestas, se puede observar que las dos primeras propuestas muestran una mejora de eficiencia del 99,03 % y del 99,04 %, respectivamente. Munive Silvestre et al. (2022) muestran que se puede mejorar la productividad en un 8 % e incluso disminuir los productos defectuosos en el proceso en 3 %. Por otro lado, Leon-Enrique et al. (2022) incrementaron la eficiencia de los procesos de descarga y almacenaje en un 40 %, así como un 60 % de incremento en el margen neto. Asimismo, Potadar y Kadam (2019) obtuvieron una mejora del 11,63 % de reducción en el flujo de materiales, lo que impactó en el costo de traslado de estos. Según un estudio de Suhardini et al. (2017), se pudo obtener un aumento en la producción del 37,5 % y una reducción de costos de manipulación de materiales del 10,98 %. Por lo tanto, se

puede considerar que, aunque existen diferentes factores que influyen en la elección del *layout* óptimo, la mejora en el esfuerzo —o, siendo más específicos, la mejora del flujo de materiales— puede ser el criterio más relevante dentro de la metodología SLP (Campos & Silva, 2020). La Figura 5 muestra la disposición del plano final.

Se estimó el costo de implementación de la propuesta escogida y se obtuvo un aproximado de S/ 80 000,00; además, el costo de los *racks* y la compra de la carretilla elevadora de pasillo estrecho se aproxima a los S/ 100 000,00. Para no interrumpir las actividades del PCA, se propone la puesta en marcha de la mejora en el tiempo entre la última disposición de alimentos y la primera recepción del siguiente año. Esta propuesta sigue el cronograma mostrado en la Tabla 7.

Figura 5
Layout de la propuesta final

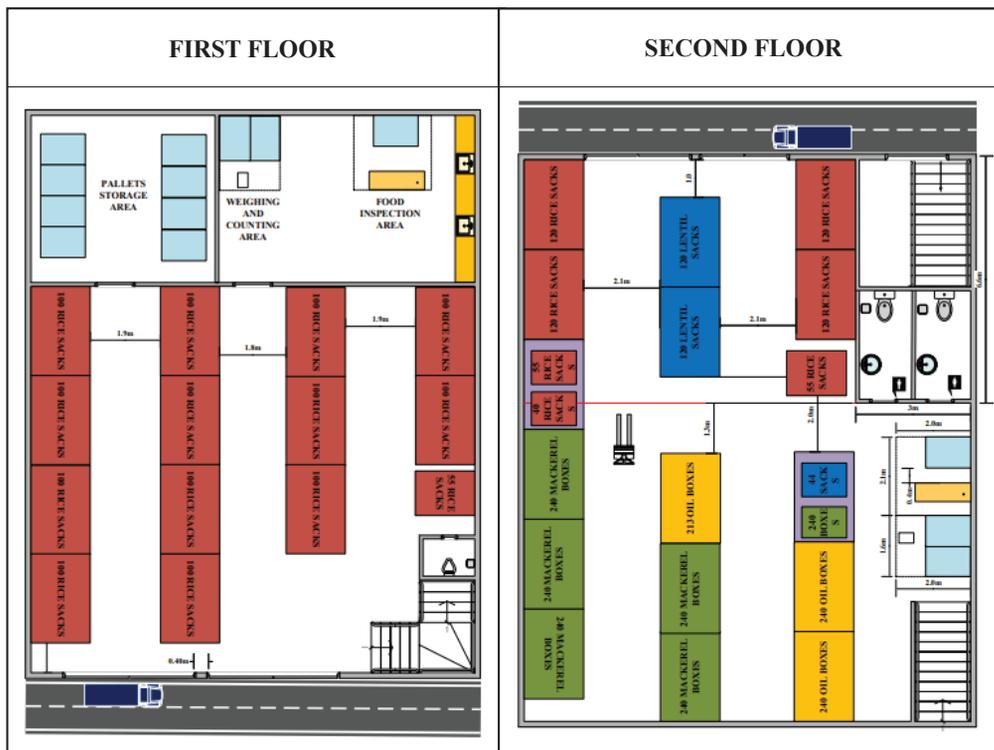


Tabla 7
Cronograma de actividades (diagrama de Gantt)

Actividad	Responsable	Días	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V
Orden y limpieza del almacén	Personal de Gerencia de programas sociales	2	█	█													
Traslado de los racks	Proveedor de racks	2		█	█												
Armado de los racks	Proveedor de racks	3				█	█	█									
Orden del almacén según distribución del layout	Personal de Gerencia de programas sociales	7							█	█	█	█	█	█			
Traslado del montacargas	Proveedor de montacargas	1					█										
Capacitación al personal sobre uso del montacargas	Proveedor de montacargas	1															█
Inicio de despachos hacia los comedores populares	Personal de Gerencia de programas sociales	1															█

5. CONCLUSIONES

En consecuencia, en esta investigación se pudo elaborar tres propuestas de mejora para la distribución de este almacén. Al evaluar los indicadores, se concluyó que la segunda alternativa de diseño presenta la mejor distribución del espacio. Los resultados de cada una de ellas fueron de 1,22 %, 99,04 % y 78,1 %, respectivamente, en los indicadores propuestos.

Para la selección de la propuesta ganadora no se ha considerado variables como el costo o el tiempo que tomaría implementar las propuestas, ya que hay mucha diferencia en lo implementado en las dos primeras propuestas y la tercera. Esto, como ya se ha mencionado, es porque se realizó una propuesta de mejora que solo utiliza los materiales que el programa tiene actualmente y en la que se minimiza la cantidad de inversión.

La infraestructura actual del PCA no es la idónea para las actividades del programa, a pesar de ser un espacio habilitado como almacén. El espacio es pequeño y no cuenta con áreas acondicionadas para el adecuado almacenamiento y cuidado de los alimentos.

Se ha observado que en la disposición actual no existe una zona de inspección para la DISA ni una zona de pesaje de alimentos, las cuales se han implantado en cada una de las propuestas de mejora, ya que son fundamentales para las actividades que se llevan a cabo en el PCA.

REFERENCIAS

- Calderón-Martínez, M. E., Taboada-Gaytán, O. R., Argumedo-Macías, A., Ortiz-Torres, E., López, P. A., & Jacinto-Hernández, C. (2017). Cultura alimentaria: clave para el diseño de estrategias de mejoramiento nutricional de poblaciones rurales. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 14(2), 303-321. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6058719>
- Campos, G. F., & Silva, A. L. (2020). Aplicação da metodologia SLP em uma empresa fabricante de produtos domissanitários. *Revista Produção Online*, 20(2), 422-448. <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v20i2.3704>
- Chamorro Rosero, A. M. (2014). Desarrollo y crisis alimentaria: el caso de la seguridad alimentaria en Colombia. *CES Derecho*, 5(1), 57-65. <https://revistas.ces.edu.co/index.php/derecho/article/view/2697/2138>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2018, 2 de abril). Malnutrition among children in Latin America and the Caribbean. Recuperado el 16 de noviembre del 2022, de <https://www.cepal.org/en/insights/malnutrition-among-children-latin-america-and-caribbean>
- Congreso de la República. (2023, 15 de mayo). Reporte Temático N°125/2022-2023. (Lima). Presupuesto de los Programas Sociales a cargo del Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social – MIDIS. [Online]. <https://www.congreso.gob.pe/Docs/DGP/DIDP/files/informes-tem-22-23/rt-125-presupuesto-d-l-program-soc-a-cargo-del-midis-15-05-23.pdf>
- Díaz Garay, B., & Noriega, M. T. (2017). *Manual para el diseño de instalaciones manufactureras y de servicio*. Universidad de Lima, Fondo Editorial.
- Febriandini, I. F., & Yuniaristanto. (2019). Re-design facility layout using systematic layout planning method: A case study: Biopro Cosmeceutical Sdn. Bhd. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 495(1), Artículo 012027. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/495/1/012027>
- Franco, G. C., & Silva, A. L. (2020). Aplicação da metodologia SLP em uma empresa fabricante de produtos domissanitários. *Revista Produção Online*, 20(2), 422-448. <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v20i2.3704>
- Gozali, L., Marie, I. A., Natalia, Kustandi, G. M., & Adisurya, E. (2020). Suggestion of raw material warehouse layout improvement using class-based storage method (case study of PT. XYZ). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1007, Artículo 012024. <http://doi.org/10.1088/1757-899X/1007/1/012024>

- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2023). *Perú: indicadores de gestión municipal 2022*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1902/libro.pdf
- Instituto Peruano de Economía. (2021, 8 de junio). Cajamarca: la quinta región más pobre del 2020. *El Nuevo Diario*. <https://www.ipe.org.pe/portal/cajamarca-la-quinta-region-mas-pobre-de-2020/>
- Leon-Enrique, E., Torres-Calvo, V., Collao-Diaz, M., & Flores-Perez, A. (2022). Improvement model applying SLP and 5S to increase productivity of storaging process in a SME automotive sector in Peru. En *IEIM 2022: The 3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management* (pp. 219-225). Association for Computer Machinery. <https://doi.org/10.1145/3524338.3524372>
- Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social. (s. f.). *Programa de Complementación Alimentaria (PCA)*. Gob.pe. Recuperado el 8 de mayo del 2022, de <https://www.gob.pe/11779-ministerio-de-desarrollo-e-inclusion-social-programa-de-complementacion-alimentaria-pca>
- Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, & Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. (2023). *Estado nutricional de niños menores de cinco años que acceden a los establecimientos de salud del Ministerio de Salud. Informe Gerencial Nacional. 2022* [Informe Gerencial SIEN HIS]. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4525312/Inf%20Gerencial%20SIEN-HIS%202022.pdf>
- Munive Silvestre, S. E., Paucar Chaicha, V. D., Alvarez Merino, J. C., & Nallusamy, S. (2022). Implementation of a lean manufacturing and SLP-based system for a footwear company. *Production*, 32, e20210072. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20210072>
- Muther, R. (1970). *Distribución en planta* (2.ª ed.). Hispano Europea.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Organización Panamericana de la Salud, Programa Mundial de Alimentos, & Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia. (2023). *América Latina y el Caribe. Panorama regional de la seguridad alimentaria y la nutrición 2023. Estadísticas y tendencias*. <https://doi.org/10.4060/cc8514es>
- Potadar, O. V., & Kadam, G. S. (2019). Development of facility layout for medium-scale industry using systematic layout planning. En H. Vasudevan, V. K. N. Kottur & A. A. Raina (Eds.), *Proceedings of International Conference on Intelligent Manufacturing and Automation* (pp. 473-483). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2490-1_43

- Resolución Ministerial 066-2015-MINSA. (2015, 6 de enero). [Online]. http://www.digesa.minsa.gob.pe/NormasLegales/Normas/RM_66_2015_SA.pdf
- Ruel, M. T., & Alderman, H. (2013). Nutrition-sensitive interventions and programmes: how can they help to accelerate progress in improving maternal and child nutrition? *The Lancet*, 382(9891), 536-551. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140673613608430>
- Suhardini, D., Septiani, W., & Fauziah, S. (2017). Design and simulation plant layout using systematic layout planning. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 277 [10th International Seminar on Industrial Engineering and Management “Sustainable Development In Industry and Management”]. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/277/1/012051>
- Sunardi, Esya, J. A., & Santoso, B. (2020). Redesign of the production facility layout by using systematic layout planning method at Cahaya Bintang Mas Company Surabaya. *Journal of Physics: Conference Series*, 1569(3), Artículo 032007. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1569/3/032007>
- Turati, S. A., & Filho, E. M. (2016). Reorganização do arranjo físico da caldeiraria de uma empresa do setor metalomecânico por meio do método de planejamento sistemático de layout – SLP. *GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, 11(2), 39-51. <http://doi.org/10.15675/gepros.v11i2.1391>
- World Food Programme (2021). *Corporate Strategy*. <https://www.wfp.org/publications/wfp-strategic-plan-2022-25>
- Yang, T., Su, C.-T., & Hsu, Y.-R. (2000). Systematic layout planning: A study on semiconductor wafer fabrication facilities. *International Journal of Operations & Production Management*, 20(11), 1359-1371. <https://doi.org/10.1108/01443570010348299>
- Zakirah, T., Emeraldi, R., Handi, O. M., Danil, D., & Kasih, T. P. (2018). Warehouse layout and workflow designing at PT. PMS using systematic layout planning method. *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*, 195(1), Artículo 012026. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/195/1/012026>

Implementación de *lean manufacturing*, método sostac y *machine learning* para mejorar la gestión comercial en el sector de servicios

Mauricio Aurelio Diaz Herrera

<https://orcid.org/0000-0003-3440-7290>

Carrera de Ingeniería Industrial,

Universidad de Lima, Perú

20192702@aloe.ulima.edu.pe

Giuseppe Taddey Calderón

<https://orcid.org/0000-0002-5538-2793>

Carrera de Ingeniería Industrial,

Universidad de Lima, Perú

20191963@aloe.ulima.edu.pe

Edilberto Miguel Avalos-Ortecho

<https://orcid.org/0000-0003-0939-634X>

Carrera de Ingeniería Industrial,

Universidad de Lima, Perú

eavalos@ulima.edu.pe

Recibido: 30 de julio del 2024 / Aceptado: 31 de agosto del 2024

Publicado: 25 de abril del 2025

doi: <https://doi.org/10.26439/ciii2024.7787>

RESUMEN. El siguiente estudio aborda las problemáticas de la gestión comercial y la falta de pronóstico de ventas en una empresa comercializadora de equipos de protección personal. El objetivo del estudio es implementar un modelo de mejora en la gestión comercial de una empresa del sector de servicios mediante el método sostac y con la integración de las 5S y el *machine learning* en el modelo arima. El tipo de investigación es aplicada, cuantitativa y descriptiva. Sostac y 5S, como herramientas de *marketing* e ingeniería, aportaron orden, gestión y control en el proceso de implementación del modelo en la organización para una gestión comercial

rentable. Por otro lado, *machine learning* aportó un diagnóstico preciso de demandas futuras a través de la implementación del código arima. La muestra estuvo compuesta por datos de ventas de enero del 2020 a octubre del 2023. Se realizó un diagnóstico situacional, un análisis interno y externo, la identificación de procesos clave y la implementación de estrategias para la mejora de la gestión comercial. Los resultados indicaron una mejora en las ventas mensuales promedio (de S/ 12 648 a S/ 20 109,19). Asimismo, indicaron un incremento en la participación de mercado del 9,75 % al 10,81 %, una reducción de la brecha de eficiencia de la empresa con respecto al sector del 18,46 % al 13,60 %, y una mejora en la rotación de inventario de 2,7 a 3,62. Se concluye que la implementación del modelo propuesto, con el uso de las 5S y *machine learning* con arima, mejora significativamente la eficiencia, el volumen de ventas, la participación de mercado y la rentabilidad comercial, lo cual favorece el crecimiento y la sostenibilidad de la empresa.

PALABRAS CLAVE: sostac / 5S / *machine learning* / arima / *lean manufacturing*

IMPLEMENTATION OF LEAN MANUFACTURING, SOSTAC METHOD AND MACHINE LEARNING TO IMPROVE COMMERCIAL MANAGEMENT IN THE SERVICES SECTOR

ABSTRACT. The following study addresses the issues of commercial management and the lack of sales forecasting in a company that sells personal protective equipment. Therefore, the study aims to implement an improvement model in the commercial management of a service sector company using the SOSTAC method, integrating 5S and machine learning with ARIMA. The research is applied, quantitative, and descriptive. SOSTAC and 5S, as marketing and engineering tools, contributed to order, management, and control in the implementation process of the model in the organization for profitable commercial management. On the other hand, machine learning provided an accurate diagnosis of future demand by implementing the ARIMA code. The sample consisted of sales data from January 2020 to October 2023. A situational diagnosis, internal and external analysis, identification of key processes, and the implementation of strategies for improving commercial management were carried out. The results indicated an improvement in the average monthly sales from S/ 12 648 to S/ 20 109,19, an increase in market share from 9,75 % to 10,81 %, a reduction in the efficiency gap of the company compared to the sector from 18,46 % to 13,60 %, and an improvement in inventory turnover from 2,7 to 3,62. It is concluded that the implementation of the proposed model, with the use of 5S and machine learning with ARIMA, significantly improves efficiency, sales volume, market share, and commercial profitability, favoring the growth and sustainability of the company.

KEYWORDS: SOSTAC / 5S / machine learning / ARIMA / lean manufacturing

1. INTRODUCCIÓN

Un sector de los bienes de consumos, específicamente el ámbito de equipos de protección personal (EPP), ha experimentado un cambio significativo durante los últimos años, debido principalmente a la pandemia. La adaptación de las mypes a las necesidades del mercado ha generado una evolución evidente en el sector, al ofrecer diversos productos de calidad baja para satisfacer a una demanda cada vez más exigente. Esta diversificación ha contribuido al crecimiento económico del país y al empleo, y ha incentivado la competencia en el mercado (Seclen-Luna et al., 2024).

Por otro lado, sectores clave como la minería, la construcción, la industria, entre otros, han impulsado el consumo de EPP en sus operaciones, dada la necesidad de cumplir con las normas de seguridad y reducir los accidentes laborales. En el 2022 se reportaron 32 199 casos de accidentes de trabajo e incidentes peligrosos; la industria más afectada fue la manufacturera, que representa el 24,96 % de los casos (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2022). La respuesta de las organizaciones se refleja en el incremento de la demanda de EPP, lo cual fomenta la innovación y la competencia entre marcas, importadores y distribuidoras para destacar en un mercado cada día más competitivo (Sleiman et al., 2022). Sin embargo, las empresas dedicadas a la comercialización de EPP enfrentan diversos desafíos internos que afectan la eficiencia operativa. Entre ellos se encuentra la gestión de inventarios, el exceso o rotura de *stock* y la administración de la fuerza de ventas, los cuales impactan negativamente en su rendimiento comercial y rentabilidad (Ramos-Valle et al., 2022). La importancia de la presente investigación radica en la necesidad urgente de que las empresas se adapten a las nuevas tecnologías, particularmente en la gestión comercial de productos de alta demanda como los EPP. La optimización de la gestión comercial y operativa es crucial para mantener ventajas competitivas en el mercado y esto se logra con una gestión comercial eficiente que contribuye al crecimiento sostenible de una organización (Marshall et al., 2020).

Investigaciones previas han subrayado la importancia de una gestión eficaz de inventarios y de la optimización de procesos logísticos para mejorar la competitividad y la rentabilidad de las empresas (Wang et al., 2023). No obstante, son pocos los estudios que han integrado herramientas avanzadas, como el *machine learning* aplicado en el modelo arima, una metodología como la 5S aplicada a una estructura enfocada en la gestión comercial, como lo es sostac, en el contexto de la comercialización de EPP en el Perú. La utilización de tecnologías avanzadas, como *machine learning*, puede mejorar significativamente las eficiencias operativas y reducir costos en los sectores de consumo (Thakur et al., 2023).

La empresa objeto de este estudio enfrenta desafíos significativos con relación a la gestión comercial, que es ineficiente. Tiene una brecha de ventas-horas trabajadas de 6,96 % respecto del sector, lo cual se muestra en la Tabla 1, y carece de un pronóstico preciso de la demanda. La ausencia de indicadores clave (como históricos de ventas, ritmo de compra de clientes principales y análisis de participación de mercado por producto) limitan su capacidad para evaluar de manera

efectiva su desempeño (Shevchenko et al., 2021). La implementación de soluciones que mejoren la capacidad predictiva y las operaciones comerciales es crucial para garantizar la sostenibilidad a largo plazo y la competitividad en un mercado dinámico y exigente como es el de los EPP.

El objetivo general de la investigación es la implementación de *sostac*, *5S* y *machine learning* para mejorar la gestión comercial en una empresa de servicios, de tal forma que se logren resultados positivos a través de los indicadores planteados —previa investigación— y con una meta de mejora para un periodo de cinco meses. Las herramientas utilizadas en la investigación tienen el propósito de lograr una mejora significativa en la eficiencia operativa y una mayor competitividad en el mercado, mediante una metodología de gestión comercial óptima. Este trabajo no solo beneficiará al objeto en estudio, sino que también es replicable en cualquier artículo del catálogo de la organización; además, proporcionará un marco replicable para que las empresas del sector puedan lograr un crecimiento sostenible. Teniendo en consideración lo destacado, se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo la implementación de las metodologías *sostac*, *5S* y *machine learning* puede mejorar la gestión comercial en una empresa comercial del sector de servicios?

2. METODOLOGÍA

2.1. Diseño del estudio y variables de investigación

El estudio emplea un enfoque cuantitativo con datos de población finita para mejorar la gestión comercial, mediante las metodologías *sostac*, *5S* y *machine learning*, para lo cual usará el modelo arima. Esto permite evaluar el impacto de las estrategias en la productividad y en la gestión empresarial (Smith, 1998).

2.2. Población y estrategia de muestra

La población incluye a clientes que realizaron compras del 2020 a octubre del 2023. Se empleó un nivel de confianza del 95 %, con un margen de error del 5 %, con lo cual se obtuvo una muestra representativa.

2.3. Instrumentos y procedimientos de recopilación de datos

Se realizaron entrevistas con la gerente general de la empresa y se utilizaron datos históricos desde enero del 2019. Se validaron los datos con el *product manager* y se respetó la confidencialidad de la información.

2.4. Metodología *sostac* y herramientas utilizadas

2.4.1. Metodología *sostac*

La metodología *sostac* se utilizó para estructurar la gestión comercial en seis etapas. A continuación, se explican las seis etapas de la metodología. Asimismo, se muestra en la Figura 1 el modelo

grafico de la metodología sostac en sus seis etapas, explicando los puntos significativos hallados en la investigación.

1. **Análisis de la situación.** Identificación de problemas con diagramas de Ishikawa y análisis de brechas técnicas (Smith, 1998). La brecha de participación de mercado se enfoca en analizar el sector de servicio del producto que abordan las empresas proveedoras de EPP, en comparación con los clientes que tiene a la fecha (octubre del 2023) la empresa analizada.

Tabla 1

Brecha técnica de indicadores de la empresa y el sector referencial

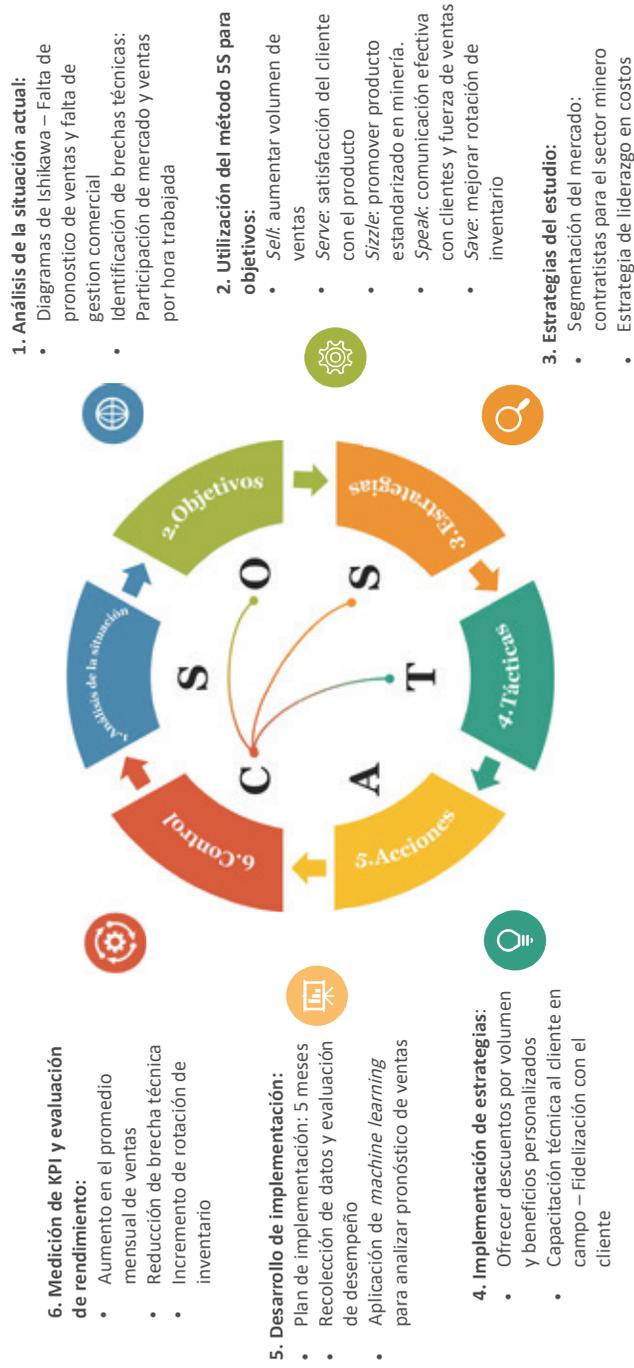
Indicadores	Porcentaje estándar del sector	Porcentaje de la empresa	Brecha técnica
Resultado de ventas por horas-hombre	94,54	87,58	6,96
Participación de mercado	12,19	9,75	2,44

Nota. Elaboración propia. Los resultados experimentales coinciden con lo realizado por el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (2022).

2. **Objetivos.** 5S para objetivos: *sell* (vende), *serve* (sirve), *sizzle* (crepita), *speak* (habla, no grites) y *save* (ahorra) (Smith, 1998). El objetivo *serve*, en específico, enfoca la iniciativa del modelo en atender la satisfacción del cliente a través de la implementación de tácticas explicadas en el modelo.
3. **Estrategia.** Se focalizó la fuerza de ventas en contratistas mineros y la optimización de precios mediante el análisis competitivo (Zhang & Liang, 2023).
4. **Tácticas.** Descuentos por volumen y capacitación técnica. La satisfacción del cliente se centra en brindar un servicio global en el que la venta del ítem es el primer producto, pero conlleva la capacitación en su correcto uso, para promover la cultura de la seguridad en las empresas y cumplir con las pautas de calidad y seguridad impuestas por las normativas internacionales de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la Prevención, Control y Contramedidas de Derrames (SPCC).
5. **Acción.** Implementación en cinco fases (véase la Figura 2).
6. **Control.** Uso del *key performance indicator* (KPI) para medir el rendimiento. El KPI de la participación de mercado está enfocado en medir, principalmente, el mercado logrado en el proceso de la implementación. Esto implica presentar, demostrar, vender y capacitar al cliente el producto examinado.

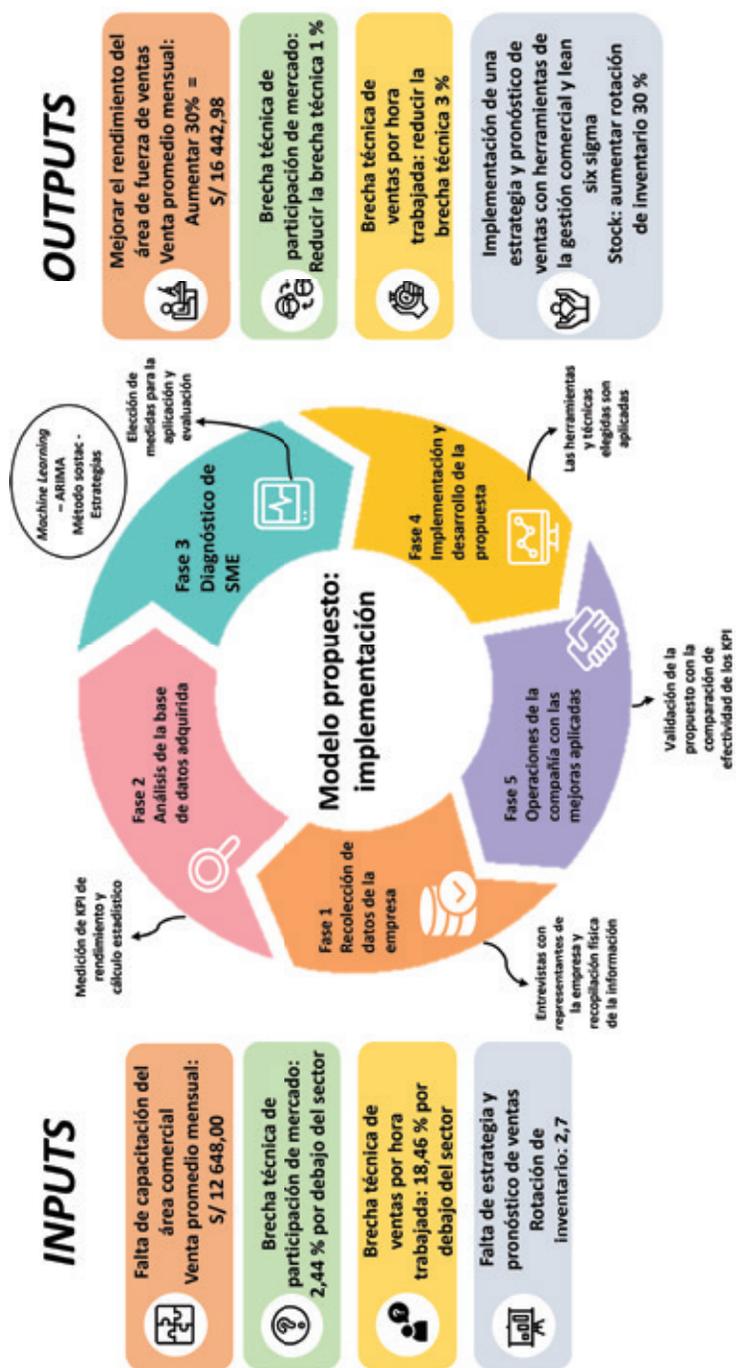
Figura 1
Metodología sostac en la que se implementan las 5S y machine learning

Modelo de mejora - Método sostac aplicado a 5S y machine learning



Nota. Esquema inspirado en el modelo teórico de la metodología sostac (Smith, 1998).

Figura 2
Modelo propuesto: implementación del proceso – Etapa de acción sostac



Nota. Esquema inspirado en base al modelo teórico de la metodología sostac (Smith, 1998).

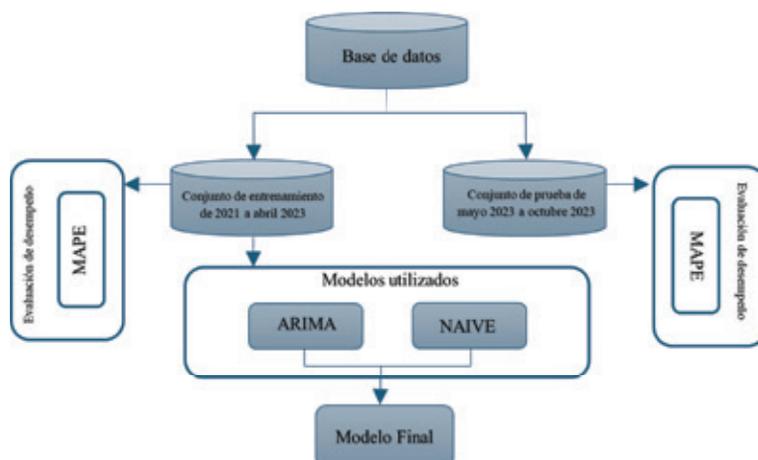
2.4.2. Herramienta de machine learning – arima

El modelo arima se utilizó para predecir las ventas futuras, lo que permite un análisis preciso de series temporales (Talkhi et al., 2024). Se seleccionó el modelo arima (p, d, q) con base en el criterio de información de Akaike, y se comparó con un modelo naive, mostrando una mayor precisión en las predicciones. En la Figura 3 se muestran los puntos críticos para la evaluación del modelo final y el proceso por el cual pasaron los modelos prospectados, tanto arima como naive.

El modelo arima se utilizó para analizar series de tiempo no estacionarias y predecir ventas. Arima es ampliamente utilizado para predicción de series temporales debido a su capacidad para capturar patrones, tanto estacionales como no estacionales (Talkhi et al., 2024). En el código se propuso suavizar previamente los valores entrantes del histórico de ventas para estabilizar los datos ajustados y tener como resultado series temporales de ventas históricas crecientes. El modelo se presenta como arima (p, d, q), en el que p indica el número de términos autorregresivos, d, el número de diferenciaciones necesarios para estacionarizar la serie, y q, el número de términos de media móvil. Así mismo, para comprobar el porcentaje de error se utilizó el indicador mape (error porcentual absoluto medio, por sus siglas en inglés), y se comparó el modelo arima con el modelo naive. Este enfoque permitió optimizar la precisión de las predicciones y ajustar las estrategias de *marketing* en función de las previsiones de ventas (Talkhi et al., 2024).

Se ha utilizado el método arima como el modelo de proyección principal debido a sus resultados en diferentes investigaciones científicas. En una de ellas, el modelo demostró ser superior a otros métodos —incluidos los modelos de aprendizaje automático, como nnar— en la predicción de la variación en la producción de legumbres en varias regiones de la India para el periodo 2020-2030 (Mishra et al., 2023).

Figura 3
Modelo de trabajo final de machine learning y modelo arima



Nota. Adaptado de “Using meta-learning to recommend an appropriate time-series forecasting model”, por N. Talkhi, N. A. Fatemi, M. J. Nooghabi, E. Soltani & A. J. Nooghabi, 2024, *BMC Public Health*, 24, 148 (<https://doi.org/10.1186/s12889-023-17627-y>)

2.5. Descripción del procedimiento

2.5.1. Análisis de la situación

Identificación de problemas mediante entrevistas, diagramas de Ishikawa y análisis de indicadores con brechas técnicas en comparación con el sector.

2.5.2. Planeamiento de objetivos y análisis de información

Se definieron objetivos mediante la herramienta 5S para asegurar la claridad y la efectividad en la toma de decisiones (Smith, 1998). La recolección y análisis de datos históricos y reportes técnicos permitió ajustar las estrategias y tácticas propuestas. El modelo arima se aplicó para prever ventas y ajustar las estrategias de *marketing* en función de los datos obtenidos (Thakur et al., 2023).

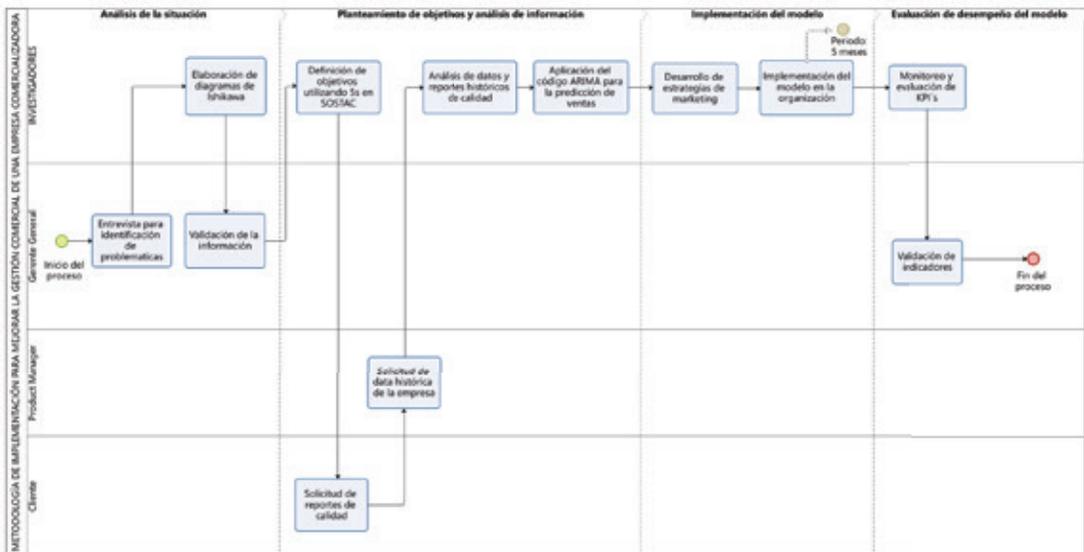
2.5.3. Implementación del modelo

Se desarrollaron estrategias de *marketing* centradas en la optimización de costos y la segmentación del mercado (Arana-Torres et al., 2023). La implementación de mejoras en la gestión comercial se llevó a cabo durante un periodo de cinco meses, con el objetivo de evaluar el impacto de las estrategias propuestas.

2.5.4. Evaluación del desempeño del modelo

Se monitorearon y evaluaron los KPI a través de indicadores propuestos, como las ventas promedio mensuales y la rotación de inventario. La validación de los indicadores se realizó con la gerente general y los resultados se utilizaron para ajustar las estrategias y asegurar la mejora continua en la gestión comercial. En la Figura 4 se presenta el proceso descriptivo de la metodología propuesta, se señalan las acciones clave por etapa y los autores que la ejecutaron.

Figura 4
Flujograma BPMN del proceso descriptivo de la metodología propuesta



Nota. Adaptado de “Application of lean manufacturing to increase productivity of a company in the metalworking sector”, por B. Jara, S. Calderon & E. Avalos-Ortecho, en L.-C. Tang (Ed.), *Proceedings of the 10th Conference on Industrial Engineering and Applications* (p. 10), 2023, IOS Press (<https://doi.org/10.3233/atde230102>).

3. RESULTADOS

3.1. Periodo de estudio y comparación de resultados

El estudio se realizó durante un periodo de cinco meses, de noviembre del 2023 a marzo del 2024. A continuación, se presenta una comparación de resultados obtenidos tras la implementación de sostac, 5S para objetivos y *machine learning* con el modelo arima. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

Comparación de resultados con objetivos propuestos

Indicadores	Inputs	Outputs	Resultados	Cumplimiento / Variación
Ventas mensuales promedio	12 648	16 443	20 109	122 %
Participación de mercado	9,75 %	10,75 %	10,81 %	101 %
Eficiencia de la empresa	18,46 %	15,46 %	13,60 %	5 %
Rotación de inventario	2,7	3,51	3,62	34 %

Nota. Resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología sostac (Smith, 1998).

Con respecto a los eventos que tenían la posibilidad de ocurrir —es decir, los factores externos— se han analizado algunos de ellos. Este análisis, con sus respectivos indicadores y resultados, aparece en la Tabla 3.

Tabla 3

Factores externos: análisis

Indicador	Factor externo	Temática factor	Descripción
Ventas promedio mensuales	Positivo	Aumento en la demanda de EPP debido a nuevas regulaciones	El aumento en la demanda podría haber facilitado la consecución de las metas de ventas al generar un mercado más amplio para los EPP.
Ventas promedio mensuales	Negativo	Factores económicos externos, como una recesión o cambio en las políticas de importación	Una recesión o cambios en políticas de importación podrían haber incrementado los costos y reducido el poder adquisitivo de los clientes, con un efecto negativo en las ventas.
Participación de mercado	Positivo	Entrada en nuevos mercados o adquisición de nuevos clientes	La entrada en nuevos mercados o la adquisición de nuevos clientes podría haber aumentado la cuota de mercado y mejorado los ingresos.

(continúa)

(continuación)

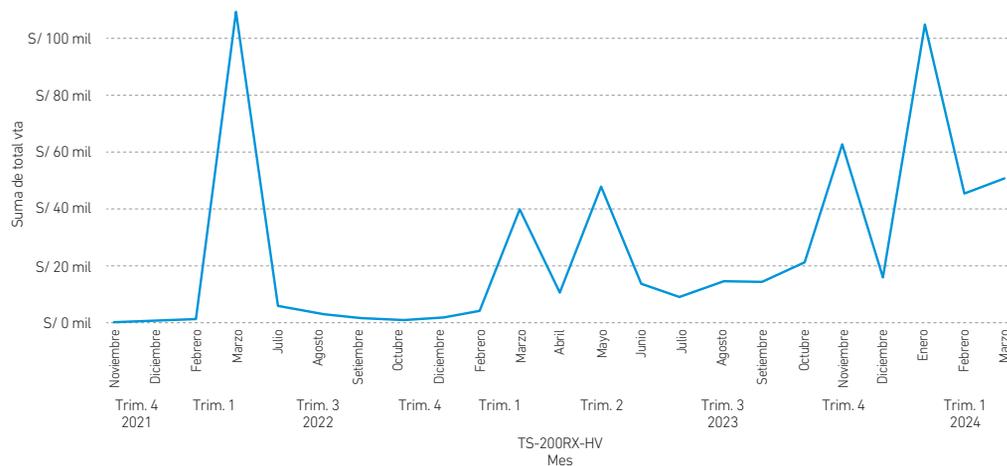
Indicador	Factor externo	Temática factor	Descripción
Participación de mercado	Negativo	Entrada de nuevos competidores con precios más competitivos	La competencia más agresiva podría haber reducido la participación de mercado de la empresa, afectando sus ventas y su posición competitiva.
Pronóstico de ventas – arima	Positivo	Estabilidad económica que permitió mayor predictibilidad en las ventas	Una estabilidad económica favorable podría haber permitido una planificación más precisa y ventas consistentes.
Pronóstico de ventas – arima	Negativo	Cambios abruptos en la demanda por eventos imprevistos	Eventos imprevistos como una crisis sanitaria o desastres naturales podrían haber creado una alta volatilidad en la demanda, lo cual afectaría la precisión del modelo arima.
Comparación de resultados arima – sostac	Positivo	Factores macroeconómicos favorables como baja inflación	Factores macroeconómicos favorables habrían creado un entorno económico que propició el crecimiento de ventas.
Comparación de resultados arima – sostac	Negativo	Fluctuaciones en la tasa de cambio que afectarían los costos de importación	Las fluctuaciones en la tasa de cambio podrían haber incrementado los costos de importación, lo cual afecta los márgenes de ganancia.

3.2. Análisis de ventas promedio mensuales

La meta de ventas promedio era de S/ 16 433, lo que representa un aumento del 29 % respecto de las ventas históricas. Se alcanzaron ventas promedio de S/ 20 109, lo que representa un 59 % de incremento (Shevchenko et al., 2021). La Figura 5 muestra la tendencia de las ventas antes y después de la implementación. Se considera que las ventas están sujetas a los proyectos por contrato. En algunos casos, los proyectos tienen una duración determinada (ya sea trimestral, bimestral o anual), lo cual puede influir en el ritmo de ventas mensuales. Con relación a los resultados expuestos, otro factor externo no controlado que afecta a las ventas es la decisión del área de operaciones del cliente: el cliente está en la potestad de decidir si desea tener *stock* de seguridad, con lo cual su ritmo de compra será menos frecuente, aunque mayor en cantidad; o bien el cliente —particularmente el que no dispone de un almacén para tener un *stock* de seguridad— realiza compras menores, pero más frecuentes.

Figura 5

Tendencia de las ventas históricas y de las ventas luego de la implementación



Nota. Resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología sostac (Smith, 1998).

En la Tabla 4 se muestra el resumen de los datos estadísticos de las ventas mensuales. Destaca una media de 55 921 y una mediana de 50 553.

Tabla 4

Resultados estadísticos – Ventas promedio mensuales

Valores estadísticos	Implementación
Media	55 921
Mediana	50 553
Q1	30 612
Q3	83 914
IQR	53 302
Mín.	16 009
Máx.	104 882
Desviación estándar	28 924

Nota. Resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología sostac (Smith, 1998)

3.3. Análisis de participación de mercado

Antes de la implementación, la empresa presentaba dieciocho clientes que tenían la necesidad de comprar el modelo de EPP en estudio. Tras la implementación, se adquirieron dos nuevos clientes, lo que representa un crecimiento de un cliente cada dos meses y medio (Shevchenko et al., 2021). En la Tabla 5 se muestran las cantidades del producto comercializado con relación a los clientes históricos después de la implementación. Se considera como un factor externo no controlable las relaciones clave que tienen las diferentes empresas en el mercado. Un ejemplo de esto es el sector minero, que trabaja con sus proveedores bajo homologación y contrato anual y que, por tanto, puede elegir diferentes marcas de la competencia, no necesariamente por un mejor precio o mejores características técnicas, sino por una relación estratégica.

Tabla 5

Cantidades de producto vendido a clientes históricos

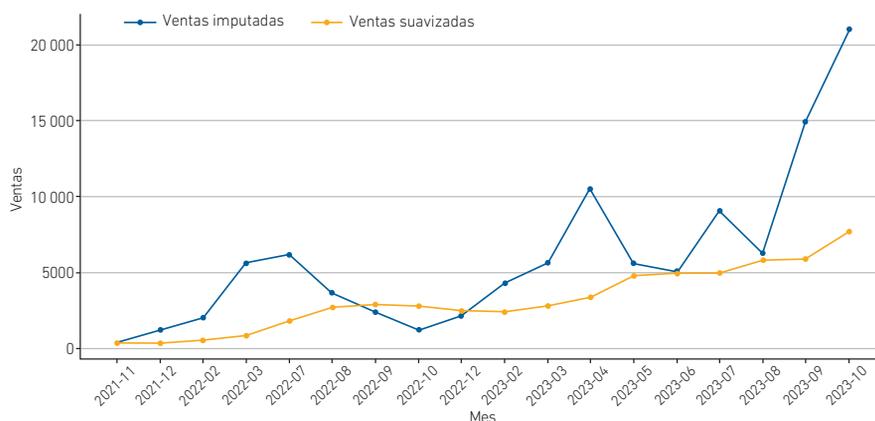
Valores estadísticos	Número de productos adquiridos	Valores estadísticos	Número de productos adquiridos	Valores estadísticos	Número de productos adquiridos
Cliente 1	87 550	Cliente 8	500	Cliente 15	105
Cliente 2	11 161	Cliente 9	350	Cliente 16	27
Cliente 3	4500	Cliente 10	325	Cliente 17	25
Cliente 4	3074	Cliente 11	200	Cliente 18	15
Cliente 5	1825	Cliente 12	137	Cliente 19	12
Cliente 6	750	Cliente 13	120	Cliente 20	1
Cliente 7	592	Cliente 14	105		

Nota. Se llegó a estos resultados mediante la metodología sostac (Smith, 1998).

3.4. Análisis de pronóstico de ventas – arima

En el análisis de las ventas históricas, se observó que no hay una tendencia alcista clara en las ventas mensuales. Esta observación inicial llevó a considerar técnicas para suavizar la serie temporal y facilitar la identificación de tendencias subyacentes (Talkhi et al., 2024). Se aplicó la técnica de suavización exponencial simple a las ventas mensuales para destacar posibles tendencias a largo plazo. La gráfica resultante (véase la Figura 6) muestra que la serie temporal suavizada presenta una tendencia alcista, en contraste con la serie original.

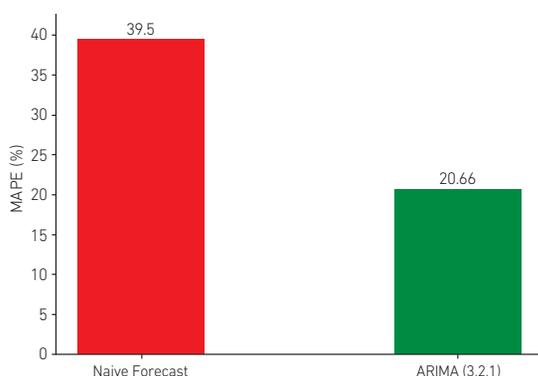
Figura 6
Ventas suavizadas versus ventas históricas



Nota. Resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología arima (Talkhi et al., 2024)

Para modelar y predecir ventas futuras, se seleccionó el modelo arima (3, 2, 1)¹ basado en el criterio de información de Akaike (Talkhi et al., 2024). Mediante una comparación señalada en la Figura 7, con un modelo naive, arima mostró menor error absoluto medio porcentual (mape) y reveló una mayor precisión en las predicciones (Talkhi et al., 2024).

Figura 7
Comparación de modelos – mape



Nota. Resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología arima (Liu et al., 2023).

¹ Los números (3, 2, 1) en el modelo arima representan los parámetros del modelo y tienen el siguiente significado: 3 (p) es el orden de la parte autorregresiva (AR) e indica cuántos valores pasados se utilizan para predecir el valor actual; 2 (d) es el grado de diferenciación y representa cuántas veces los datos deben diferenciarse para volverlos estacionarios; 1 (q) es el orden de la media móvil (MA) e indica cuántos errores pasados se consideran para predecir el valor actual.

El modelo arima proyectó ventas mensuales para catorce meses y mostró una tendencia alcista, como se muestra en la Figura 8, lo cual sugiere un crecimiento continuo (Talkhi et al., 2024).

Figura 8

Proyección de ventas en catorce meses

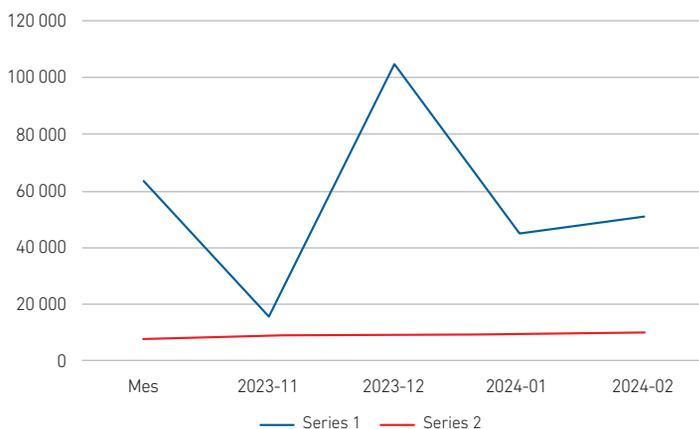


Nota. Resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología arima (Talkhi et al., 2024)

3.5. Comparación de resultados arima - sostac

A continuación, utilizando los resultados de la investigación, se puede observar en la Figura 9 un comparativo entre las ventas luego de la implementación y el pronóstico de ventas realizado con el modelo arima. En la Tabla 6 se puede apreciar que la diferencia de ventas, en comparación con el objetivo, es abundante. Esto se debe a la incorporación de nuevos clientes, quienes realizaron compras de alto volumen con las que se alcanzó un pico del pronóstico de 1165 %.

Figura 9
Comparativo de ventas versus pronóstico



Nota. Resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología arima (Talkhi et al., 2024).

Tabla 6
Varianza y cumplimiento comparativo

Mes	Ventas luego de implementación	Pronóstico de ventas	Cumplimiento de pronóstico	Variación porcentual
2023-11	62 945	8109	776 %	676 %
2023-12	16 009	8950	179 %	79 %
2024-01	104 882	9003	1165 %	1065 %
2024-02	45 214	9595	471 %	371 %
2024-03	50 553	9964	507 %	407 %

Nota. Resultados de experimento según la metodología arima (Talkhi et al., 2024).

4. DISCUSIÓN

El presente estudio evaluó el impacto de estrategias de *marketing* y de pronóstico de ventas en una empresa comercializadora de EPP durante cinco meses (de noviembre del 2023 a marzo del 2024). Los resultados mostraron una mejora en la participación de mercado, un incremento significativo en las ventas promedio mensuales, una disminución en la ineficiencia operativa, una mejora en la rotación de inventarios, y la constatación de que el método arima es más eficiente que el método naive. Comparado con estudios previos, como Shevchenko et al. (2021) y Arana-Torres et al. (2023), nuestro estudio logró un aumento de 11,1 % en

la participación de mercado en cinco meses, mientras que Shevchenko et al. reportaron un incremento del 3 % anual y Arana-Torres et al. un aumento del 93 % anual. Se destaca que este último estudio tuvo acceso a un mayor número de datos financieros y operativos, lo que permitió un análisis más detallado. Se toma en cuenta que la metodología utilizada por los autores mencionados es la metodología sostac tradicional, cuya principal diferenciación radica en que se trata de una metodología genérica enfocada en *marketing*, mientras que la metodología propuesta está adaptada para mejorar tanto la planificación estratégica como la eficiencia operativa, mediante la integración de técnicas avanzadas, como las 5S, para el planteamiento de objetivos, y el *machine learning* para predecir la demanda.

Un contraste claro es la metodología de diagnóstico realizado para identificar las falencias de una organización. Un ejemplo de contraste es la metodología tradicional empleada por Arana-Torres et al. (2023), quienes aplicaron la metodología de *marketing* de las 4p para mejorar la estrategia de *marketing* digital de una organización cervecera. Si bien el impacto fue positivo con respecto a los resultados de participación de mercado obtenidos y previamente mencionados, no se aborda el planteamiento de un modelo de gestión comercial para la organización.

Por otro lado, el indicador mape ha sido clave para seleccionar el modelo ideal para la proyección. A través del análisis de estudios pasados, como los de Castro et al. (2023) y Liu et al. (2023), se escogió el modelo arima debido a que tiene el menor valor en el indicador mape. Cuenta con un 20,66, mientras que en Castro et al. (2023) el menor valor del indicador del modelo arima en India fue de 2,99 y Liu et al. (2023) tuvo como menor valor un 12,24.

Las limitaciones del estudio incluyen el breve periodo de análisis (cinco meses), lo cual resulta no efectivo en su totalidad. Un mayor periodo de examen permitiría variables a partir de las cuales extrapolar resultados más generales (Shevchenko et al. 2021). Además, al presentarse un periodo breve de análisis para la metodología propuesta, aún no es apreciable en la organización una evolución notable con respecto a la adaptación de las tácticas implementadas en el mercado y asimiladas por la fuerza de ventas para cumplir con los objetivos propuestos. Por otro lado, otra limitación sustancial en el trabajo es el nulo uso de costos operativos, administrativos o comerciales que pueda tener la empresa para el funcionamiento de la organización. Esto supone no poder medir indicadores como productividad, ni realizar análisis financieros o económicos que dicten el impacto del modelo en la rentabilidad directa de la organización, así como tampoco se puede hacer una evaluación detallada, acorde con Smith (1998), sobre el análisis del costo-beneficio de la fuerza de ventas con respecto a un producto o área enfocada en la implementación del modelo sostac. Por otro lado, concretamente para el trabajo de investigación, una limitación externa es el mercado al cual está orientado el modelo planteado, ya que los contratistas mineros pueden consumir una gran cantidad de productos (lo que equivale a un buen volumen de ventas), pero también se está sujeto al tiempo de contratación por proyecto (lo cual se traduce en ventas a gran volumen en un corto periodo de tiempo). Este

estudio presenta la novedad de implementar el método sostac en una organización comercial, mediante la integración de herramientas como las 5S y el pronóstico arima, lo cual demuestra efectividad en el cumplimiento de los indicadores propuestos.

5. CONCLUSIONES

La implementación de herramientas avanzadas, como el método sostac, las 5S y el modelo arima, ha mejorado significativamente la gestión comercial de la empresa. El uso de arima permitió pronósticos de ventas alcistas y posibilitó la suavización del histórico de ventas. La participación de mercado aumentó en 11,1 % con la incorporación de dos nuevos clientes. Siguiendo la metodología sostac, las ventas promedio mensuales crecieron un 59 % (S/ 20 109). La rotación de inventario mejoró en un 34 %, y pasó a 3,62.

Estos resultados validan la efectividad de las metodologías aplicadas y demuestran una mejora en la eficacia operativa y la competitividad en el mercado. La combinación de sostac, 5S y arima ofrece un marco innovador que puede ser replicado en otras organizaciones comerciales para optimizar sus procesos y sus resultados. Si bien el estudio valida la aplicación de sostac y arima en el sector servicios, es importante reconocer que su implementación en otros contextos puede enfrentar desafíos específicos. Algunos de ellos son la necesidad de adaptar las fases de sostac para la industria con procesos operativos diferentes adaptados a la demanda, a las necesidades y a los productos de la organización; o bien, tener que ajustar los parámetros del modelo arima a ciclos temporales más complejos en los que se necesite reajustar el modelo acorde al histórico de la demanda para obtener un pronóstico positivo. Por otro lado, es necesario tomar en cuenta que para tener un análisis económico, financiero y operacional, es necesaria la disponibilidad del manejo de costos en la organización. Asimismo, debe tomarse en consideración que la adaptabilidad de la metodología tendrá como factor condicionante el perfil del cliente al cual está dirigido el producto, y que deben tomarse en cuenta posibles factores externos comerciales, como un entorno competitivo regulado y un ámbito social o político sostenible.

Se anima a futuros investigadores o empresas comerciales de venta de productos varios a seguir la metodología expuesta, a desarrollar e innovar en la aplicación del método sostac junto con herramientas a la vanguardia de la ingeniería, como es el caso del *machine learning* y las 5S. A su vez, se los anima a profundizar en el acoplamiento de *machine learning* con la metodología sostac o con otras herramientas que demuestren la versatilidad de sostac y que estén orientadas al entorno comercial.

REFERENCIAS

- Arana-Torres, R., Nieves-Asencio, A., Elias-Giordano, C., Torres-Sifuentes, C., & Cespedes, C. (2023, 4-6 de diciembre). Management model to increase sales through digital marketing and the 4Ps of marketing in a craft brewery. En *Proceedings of the 3rd LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development "Igniting the Spark of Innovation: Emerging Trends, Disruptive Technologies, and Innovative Models for Business Success"*, 516. Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions. <https://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2023.1.1.516>
- Castro, P., Pathinettampadian, G., Ravi, C. S. D., & Subramaniyan, M. K. (2023). Prediction of compressive strength in additively fabricated part using long short term memory based neural network. *Materials Today Communications*, 37, Artículo 107139. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2023.107139>
- Jara, B., Calderon, S., & Avalos-Ortecho, E. (2023). Application of lean manufacturing to increase productivity of a company in the metalworking sector. En L.-C. Tang (Ed.), *Proceedings of the 10th Conference on Industrial Engineering and Applications* (pp. 740-753). IOS Press. <https://doi.org/10.3233/atde230102>
- Liu, X.-D., Wang, W., Yang, Y., Hou, B.-H., Olasehinde, T. S., Feng, N., & Dong, X.-P. (2023). Nesting the SIRV model with NAR, LSTM and statistical methods to fit and predict COVID-19 epidemic trend in Africa. *BMC Public Health*, 23(1), 138. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-14992-6>
- Marshall, D. R., Meek, W. R., Swab, R. G., & Markin, E. (2020). Access to resources and entrepreneurial well-being: A self-efficacy approach. *Journal of Business Research*, 120, 203-212. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.08.015>
- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2022). Notificaciones de accidentes de trabajo, incidentes peligrosos y enfermedades ocupacionales – Diciembre 2022 [Boletín estadístico mensual]. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4327880/SAT_DICIEMBRE_2022.pdf?v=1679929130
- Mishra, P., Al Khatib, A. M. G., Lal, P., Anwar, A., Nganvongpanit, K., Abotaleb, M., Ray, S., & Punyapornwithaya, V. (2023). An overview of pulses production in India: Retrospect and prospects of the future food with an application of hybrid models. *National Academy Science Letters*, 46(5), 367-374. <https://doi.org/10.1007/s40009-023-01267-2>
- Ramos-Valle, E., Paulino, A., Chavez, P., Alvarez, J. C., & Nallusamy, S. (2022). Pilot implementation of innovative proposal for service level improvement in a spare parts trading company. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 62, 173-187. <https://doi.org/10.4028/p-70sd0q>

- Seclen-Luna, J. P., Alvarez Salazar, J., Cancino, C. A., & Schmitt, V. (2024). The effects of innovations on Peruvian companies' sales: The mediating role of KIBS. *Technovation*, 129, Artículo 102877. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102877>
- Shevchenko, V. M., Miamlina, A. V., & Kamenev, A. Y. (2021). Development of a model for the launch of a new goods in the herbicide group of the agrarian division "Bayer Cropsience" to the consumer market. *Academic Review*, 2(55), 48-58. <https://doi.org/10.32342/2074-5354-2021-2-55-5>
- Sleiman, R., Mazyad, A., Hamad, M., Tran, K.-P., & Thomassey, S. (2022). Forecasting sales profiles of products in an exceptional context: COVID-19 pandemic. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 15(1), 99. <https://doi.org/10.1007/s44196-022-00161-x>
- Smith, P. R. (1998). *Marketing communications: An integrated approach* (2.^a ed.). Kogan Page.
- Talkhi, N., Fatemi, N. A., Nooghabi, M. J., Soltani, E., & Nooghabi, A. J. (2024). Using meta-learning to recommend an appropriate time-series forecasting model. *BMC Public Health*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-023-17627-y>
- Thakur, M., Patel, P., Gupta, K., Kumar, M., & Sathishkumar, A. S. (2023). Applications of artificial intelligence and machine learning in supply chain management: A comprehensive review. *European Chemical Bulletin*, 12(8), 2838-2851. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29327.56480>
- Wang, R., Wang, T., Qian, Z., & Hu, S. (2023). A Bayesian estimation approach of random switching exponential smoothing with application to credit forecast. *Finance Research Letters*, 58, Artículo 104525. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104525>
- Zhang, C., & Liang, J. (2023). Strategic choices for sustainable competitive advantage, marketization degree, and the executive-employee compensation gap. *Sustainability*, 15(8), 6430. <https://doi.org/10.3390/su15086430>

Mejora en la gestión de clientes sobre la base de *revenue management* y RFM en una empresa de transporte interprovincial de pasajeros

Cinthia Lucero Ccalla Surco

<https://orcid.org/0009-0005-8737-9475>

Facultad de Ingeniería Industrial

Universidad de Lima, Perú

20193940@aloe.ulima.edu.pe

Fiorella Munayco Rojas

<https://orcid.org/0009-0000-3526-3239>

Facultad de Ingeniería Industrial

Universidad de Lima, Perú

20193136@aloe.ulima.edu.pe

José Antonio Taquía Gutiérrez

<https://orcid.org/0000-0002-1711-6603>

Facultad de Ingeniería Industrial

Universidad de Lima, Perú

jtaquia@ulima.edu.pe

Recibido: 31 de julio del 2024 / Aceptado: 30 de agosto del 2024

Publicado: 25 de abril del 2025

doi: <https://doi.org/10.26439/ciii2024.7788>

RESUMEN. Este estudio investiga la fijación de precios basada en la demanda mediante el uso de la herramienta recencia-frecuencia-monto (RFM) para analizar el comportamiento del consumidor e incrementar las ganancias en una empresa de transporte. En primer lugar, se predice la demanda para meses representativos mediante el uso de un modelo de pronóstico de serie de tiempos. Luego, se emplean técnicas de *revenue management* (RM) para establecer precios óptimos. Además, se proponen estrategias promocionales para mejorar la lealtad del

cliente y maximizar las ganancias. La eficacia del algoritmo propuesto fue validada mediante experimentos con datos simulados y datos reales, cuyos resultados demuestran que la aplicación de las herramientas RM y RFM conducen a una mejora significativa del 6,99 % en la tasa de ocupación de asientos y un crecimiento del 15,51 % en las ganancias. Este enfoque innovador promete transformar la gestión de ingresos y la planificación estratégica promocional en el sector de transporte.

PALABRAS CLAVE: demanda, modelo RFM, precios, predicción, *revenue management*

IMPROVEMENT IN CUSTOMER MANAGEMENT BASED ON REVENUE MANAGEMENT AND RFM IN AN INTERPROVINCIAL PASSENGER TRANSPORT COMPANY

ABSTRACT. This study investigates demand-based pricing using the RFM tool to analyze consumer behavior and increase profits in a transportation company. First, demand is forecasted for representative months using a Time Series forecasting model. Then, revenue management techniques are employed to establish optimal prices. Additionally, promotional strategies are proposed to enhance customer loyalty and maximize profits. The effectiveness of the proposed algorithm was validated through experiments with both simulated and real data, demonstrating that the application of RM and RFM tools leads to a significant 6,99 % improvement in seat occupancy rates and a 15,51 % increase in profits. This innovative approach promises to transform revenue management and promotional strategic planning in the transportation sector.

KEYWORDS: demand, forecasting, pricing, revenue management, RFM model

1. INTRODUCCIÓN

El sector transporte tiene una gran importancia por representar un servicio de primera necesidad para la movilización de la población, además de beneficiar a otros sectores económicos como los de combustible y comercio (Martí et al., 2023, p. 4684). No obstante, la alta competitividad en el transporte de pasajeros causa un uso ineficiente de recursos, con buses frecuentemente vacíos.

La Asociación Estadounidense de Transporte Público recomienda cuarenta y tres asientos para autobuses de cuarenta pies, pero en Estados Unidos la media es de cuarenta asientos (66,4 %) (Tang et al., 2018, p. 6). En México, la oferta de autobuses no cubre la demanda diaria (Estrada-Esquivel et al., 2022, p. 1). A nivel general, se registra una ocupación promedio del 87,6 %, mientras que la empresa evaluada alcanza el 81,7 %, lo cual muestra una brecha técnica del 5,9 % y una oportunidad de mejora. Por otro lado, China lidera en la optimización del transporte, área en la que destaca el control basado en asientos (Yuan & Nie, 2020, p. 15).

Para mantener una alta rentabilidad y competitividad, la gestión eficiente de recursos y las estrategias de *revenue management* (RM) son cruciales. Guerriero et al. (2021) señalan que las estrategias de RM buscan vender el producto adecuado al cliente adecuado, optimizando ventas mediante *overbooking*, previsión de demanda, fijación de precios y control de inventario de asientos (p. 238). Fan et al. (2023) afirman que la demanda afecta la gestión de ingresos, ya que influye en los límites de reserva. Los modelos tradicionales de pronóstico utilizan la regresión lineal y el suavizado exponencial, entre otros enfoques, y los ajustan según características estacionales (p. 15). Además, maximizar la eficiencia y rentabilidad requiere de decisiones estratégicas basadas en el análisis de la demanda, el comportamiento del consumidor, los precios de la competencia, etcétera (Dalalah et al., 2022, p. 519). La segmentación de clientes permite ofrecer servicios ajustados a sus preferencias y diseñar estrategias específicas para cada grupo (Zelenkov & Suchkova, 2023). El modelo recencia-frecuencia-monto (RFM) es un método efectivo y simple para la segmentación de mercado, aplicado en distintos rubros y modalidades de compra (Handojo et al., 2023). Un análisis RFM permite identificar segmentos y definir la propuesta de valor e inversión para cada segmento (Brandizzi et al., 2022). En Washington se desarrolló un modelo RFM, el cual mejoró la segmentación y aumentó su margen en 1,2 % para dicho año (Wilbert et al., 2023).

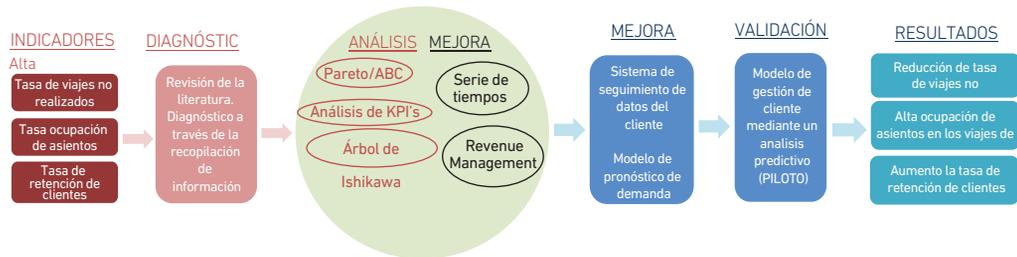
La presente investigación busca explorar nuevas aplicaciones de RM y RFM en el transporte terrestre. Según Guerriero et al. (2021), existen pocos estudios sobre la fijación de precios y asignación de asientos, aunque esta última se usa para definir políticas de gestión de ingresos, como límites de reserva, precios de oferta y costos de oportunidad (p. 20).

El presente artículo se ha estructurado de la siguiente manera: la segunda sección describe la metodología de investigación, la tercera analiza la recopilación de datos, la cuarta proporcióna los resultados y mejoras propuestas, y, finalmente, la quinta sección presenta conclusiones y recomendaciones para futuras líneas de investigación sobre el tema.

2. METODOLOGÍA

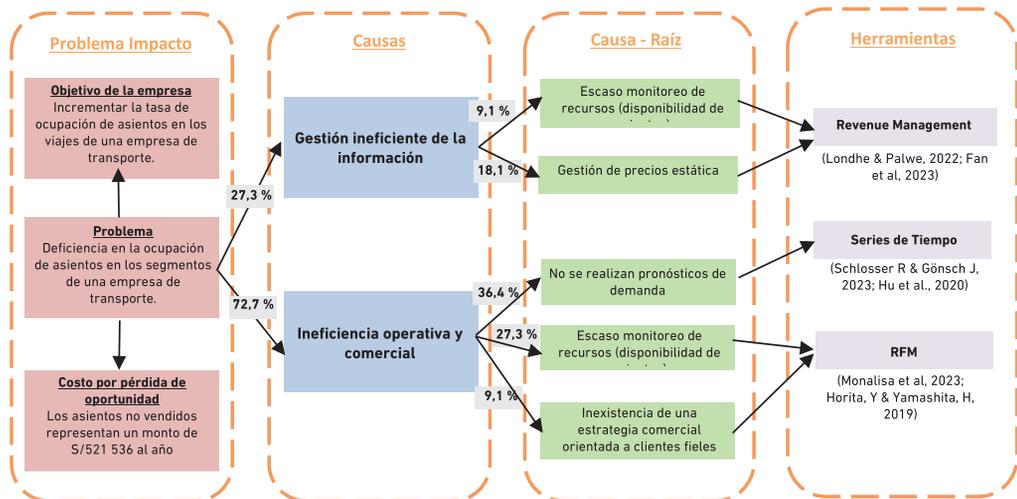
Se propone un conjunto de fases para la implementación de la propuesta de mejora, lo cual se detalla en la Figura 1.

Figura 1
Diseño del modelo propuesto



El diagrama presentado en la Figura 2 muestra los orígenes principales del problema y su relación.

Figura 2
Diagrama de vinculación de causas con las herramientas



La Figura 3 muestra las variables de las herramientas utilizadas en el estudio.

Figura 3
Variables de investigación

Autores	Fijación de precios	Serie de tiempos	Control del inventario de asiento	Patrones de consumo del cliente	Estrategia comercial de cliente fieles
(Hu et al., 2020)	RM		RM		
(Londhe S & Palwe S, 2022)		ST			
(Yuan W & Nie L, 2020)			RM		
(Fan et al., 2023)		ST			
(Dalalah et al., 2022)			RM		
(Schlosser R & Gönsch J, 2023)	RM				
(Handojo et al., 2022)				RFM	
(Zelenkov Y. & Suchkova A., 2023)					RFM

Para calcular el tamaño de la muestra, se recolectaron datos de boletos vendidos en enero, mayo y julio del 2023, debido a la variación en la demanda. Con una población de 7159 boletos vendidos, la seguridad obtiene un valor de 1,6, cuenta con una proporción esperada del 5 % y tiene una precisión del 2 %. Se aplicó un muestreo probabilístico aleatorio sin reposición, y se obtuvo un tamaño de muestra de 309.

Las zonas en estudio se clasificarán en dos clases, según la demanda anual, con una participación de la muestra distribuida de la siguiente manera: la clase 1 corresponde al distrito de Pausa (52,4 %) y la clase 2 al distrito de Puquio (47,6 %), ambos en Ayacucho. Además, se realizó un diagrama de caja, el cual muestra una asimetría positiva en Puquio y una negativa en Pausa. En Puquio, los valores atípicos (S/ 130, S/ 140 y S/ 150) superan el Q3 (S/ 80) y el rango intercuartil (RIC = 30), lo cual sesga la distribución hacia los precios altos. Por esta razón, se eliminaron los valores atípicos debido a las promociones, descuentos legales y políticas de reintegro, de tal forma que se genere un análisis más preciso.

RM

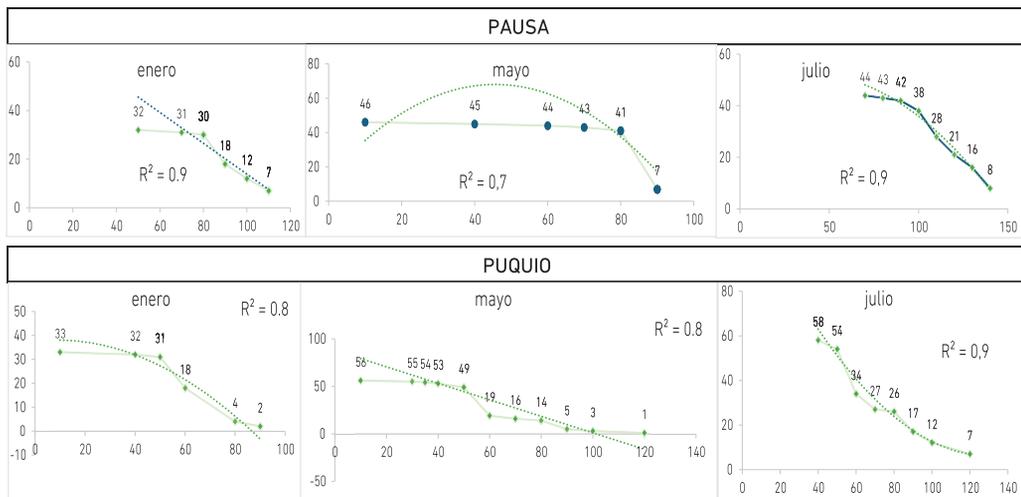
Para utilizar la herramienta se requiere de tres variables: la cantidad de asientos disponibles por cada ruta, su porcentaje representativo y el precio elegido. De esta manera, se puede calcular la demanda en base al precio óptimo y, así, maximizar los ingresos (los cuales se rigen por las restricciones que involucran el máximo y mínimo valor para el precio) mediante la herramienta Solver. El proceso se repite para cada ruta y se eligen tres escenarios diferentes de la empresa, los cuales representan el mes con mayor demanda, el mes con regular demanda y el mes con menor

demanda. Esta elección de escenarios se realiza con el fin de obtener una visualización más real en cuanto al escenario de una demanda en un servicio de transporte, ya que de manera diaria surgen fluctuaciones que conllevan una variabilidad de precios.

Paso 1: estimación de la curva de demanda subjetiva

Para la herramienta, se utilizaron fórmulas que definen la variable dependiente (la demanda) sobre la base de la variable independiente (el precio), las cuales tienen que cumplir con un coeficiente de determinación (R^2) por encima de 0,7 para demostrar una buena relación entre variables. El diagrama de dispersión de precios se presenta en la Figura 4.

Figura 4
Diagrama de dispersión de precios



Paso 2: encontrar el precio óptimo para maximizar los ingresos

Con la fórmula obtenida, se puede calcular la demanda estimada sobre la base del precio. Mediante la herramienta Solver, y a través del uso de los datos que presenta la Tabla 1, se pueden maximizar las ganancias.

Tabla 1*Tabla de datos*

Enero	Datos	Mayo	Datos	Julio	Datos
Tamaño de muestra	32	Tamaño de muestra	45	Tamaño de muestra	44
Asientos totales	47	Asientos totales	47	Asientos totales	47
Porcentaje	68,1 %	Porcentaje	95,7 %	Porcentaje	93,6 %
Precio	S/ 80	Precio	S/ 85	Precio	S/ 100
Demanda	41	Demanda	40	Demanda	43
Ganancia	S/ 816	Ganancia	S/ 963	Ganancia	S/ 1834

Serie de tiempos

Para la proyección de la demanda, se realizó una evaluación comparativa de los métodos de series de tiempo basada en los resultados de los indicadores *mean absolute deviation* (MAD) y *mean absolute percentage error* (MAPE) para ambas rutas. Asimismo, se utilizó Solver para minimizar los valores del MAD y MAPE, con restricciones en los parámetros alfa, beta y gamma, cuyo rango se estableció entre 0 y 1. La metodología seleccionada fue la de suavización exponencial triple con estacionalidad multiplicativa, ya que, para ambas rutas, presentó los menores errores porcentuales y absolutos en la proyección de la demanda. Los resultados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2*MAD y MAPE*

Métodos de serie de tiempos					
Rutas	Indicador	Suavizamiento exponencial simple		Suavización exponencial triple	
		Datos	Datos	Estacionalidad multiplicativa	Estacionalidad aditiva
Pausa	MAD	15,2	16,6	16,2	17,6
	MAPE	38,6 %	35,2 %	34,1 %	39,5 %
Puquio	MAD	8,2	8,2	7,3	7,5
	MAPE	19,7 %	19,6 %	17,1 %	17,6 %

El proceso de esta metodología utiliza las fórmulas que aparecen en la Figura 5.

Figura 5

Estacionalidad multiplicativa

$$S_i = \alpha \cdot \left(\frac{x_i}{p_{i-k}} \right) + (1 - \alpha) \cdot (s_{i-1} + t_{i-1})$$

$$t_i = \beta \cdot (s_i + s_{i-1}) \cdot (1 - \beta) \cdot t_{i-1}$$

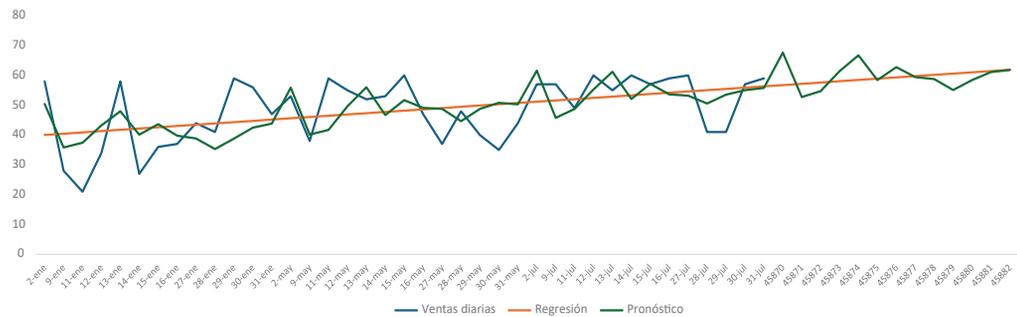
$$p_i = \gamma \cdot \left(\frac{x_i}{s_i} \right) + (1 - \gamma) \cdot p_{i-k}$$

$$\hat{x}_{i+h} = (s_i + ht_i) \cdot p_{i-k+h}$$

En cuanto al proceso operativo, la temporalidad se establece y uniformiza en días: la cantidad para Puquio es de trece días y para Pausa, de quince. Luego, se colocan las ventas del respectivo periodo y se comienza a calcular la regresión, el pronóstico, el nivel (S), la pendiente (T) y la estacionalidad (P), a fin de obtener un mes pronosticado. Esto se muestra en la Figura 6.

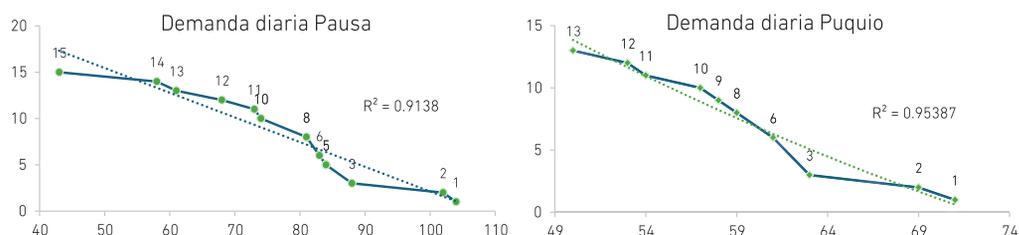
Figura 6

Suavización exponencial triple multiplicativo



Una vez obtenida la demanda pronosticada, se realiza un procedimiento parecido al de RM, solo que con las variables inversas, ya que el valor independiente es la demanda y el dependiente, el precio. A fin de obtener ganancias máximas se genera la demanda óptima para la empresa, la cual tiene que cumplir con un coeficiente de determinación (R^2) por encima de 0,7 para demostrar una buena relación entre variables. Esto se muestra en la Figura 7.

Figura 7
Diagrama de dispersión de la demanda



RFM

Se utilizó la base de datos histórica hasta diciembre del 2023, segmentada por ruta (Puquio, Pausa). Asimismo, se utilizaron los siguientes datos de los clientes:

- Fecha de la última compra
- Cantidad de veces que consumió el servicio
- Importe acumulado en soles

Con dichos datos se puede dar por hecho que se cuenta con las variables de “frecuencia” y “monto”. Sin embargo, con el fin de calcular la variable “recencia” se utilizó la fórmula que figura a continuación, considerando como fecha base el 31 de diciembre del 2023.

$$\text{Recencia} = \text{Fecha base} - \text{Fecha de última compra}$$

Posteriormente, con los datos de las tres variables obtenidas, se definen los rangos para los intervalos —también llamados cuartiles—. Su respectivo cálculo puede verse en la Figura 7. Posteriormente, para asignarle un puntaje a cada cuartil, véase la Figura 8.

Figura 8
Cálculo de cuartiles

PAUSA				PUQUIO			
RECENCIA				RECENCIA			
Min	Max	Rango	Div 4	Min	Max	Rango	Div 4
0	667	667	166,8	0	667	667	166,8
FRECUENCIA				FRECUENCIA			
Min	Max	Rango	Div 4	Min	Max	Rango	Div 4
1	38	37	9,3	1	71	70	17,5
MONTO				MONTO			
Min	Max	Rango	Div 4	Min	Max	Rango	Div 4
10	2820	2810	702,5	10	5350	5340	1335

Figura 9

Tabla de puntajes

PAUSA					
RECENCIA		FRECUENCIA		MONTO	
Rango	Puntaje	Rango	Puntaje	Rango	Puntaje
0	4	1	1	10	1
167	3	10,3	2	712,5	2
334	2	19,5	3	1415	3
500	1	28,8	4	2127,5	4

PUQUIO					
RECENCIA		FRECUENCIA		MONTO	
Rango	Puntaje	Rango	Puntaje	Rango	Puntaje
0	4	1	1	10	1
166,8	3	18,5	2	1345	2
333,5	2	36	3	2680	3
500,3	1	53,5	4	4015	4

A cada cliente se le puntúa dentro del rango 1 a 4. El puntaje asignado debe estar dentro del intervalo del respectivo factor (R, F, M). A continuación, para fines prácticos, se recategorizaron los puntajes de la siguiente manera:

- 1: bajo
- 2 - 3: medio
- 4: alto

Esta categorización reduce las posibles combinaciones para un grupo a 4 categorías (1, 2, 3, y 4) a un grupo de 3 (bajo, medio y alto), obteniendo veintisiete posibles combinaciones para distribuir entre los segmentos de clientes nombrados a continuación.

- Clientes de alto valor
- Clientes en crecimiento
- Clientes comunes
- Clientes en riesgo de fuga
- Clientes reactivación

En la Figura 10 se presenta el cálculo resumen de la matriz RFM.

Figura 10

Modelo de matriz RFM

Matriz RFM para Pausa												
ID_ CLIENTE	Última compra	Días	N° compras	Monto	R_pun-taje	F_pun-taje	M_pun-taje	R_pun-taje	F_pun-taje	M_pun-taje	Categoría	
PS00001	5/05/2022	544	2	S/ 180	1	1	1	Bajo	Bajo	Bajo	Clientes reactivación	
PS00002	2/01/2022	667	1	S/ 90	1	1	1	Bajo	Bajo	Bajo	Clientes reactivación	
PS00003	11/10/2023	20	5	S/ 320	4	1	1	Alto	Bajo	Bajo	Clientes comunes	
PS00004	2/01/2022	667	1	S/ 100	1	1	1	Bajo	Bajo	Bajo	Clientes reactivación	
PS00005	2/01/2022	667	1	S/ 100	1	1	1	Bajo	Bajo	Bajo	Clientes reactivación	
PS00006	2/01/2022	667	1	S/ 90	1	1	1	Bajo	Bajo	Bajo	Clientes reactivación	
PS00007	7/05/2023	177	2	S/ 180	3	1	1	Medio	Bajo	Bajo	Clientes en riesgo de fuga	
PS00008	13/05/2022	536	2	S/ 170	1	1	1	Bajo	Bajo	Bajo	Clientes reactivación	

Matriz RFM para Puquio												
ID_ CLIENTE	Última compra	Días Transc.	N° compras	Monto	R_pun-taje	F_pun-taje	M_pun-taje	R_pun-taje	F_pun-taje	M_pun-taje	Segmento de cliente	
PQ00001	2/01/2022	667	1	S/ 70	1	1	1	Bajo	Bajo	Bajo	Clientes reactivación	
PQ00002	2/01/2022	667	1	S/ 60	1	1	1	Bajo	Bajo	Bajo	Clientes reactivación	
PQ00003	19/05/2023	165	2	S/ 140	4	1	1	Alto	Bajo	Bajo	Clientes comunes	
PQ00004	13/10/2023	18	20	S/ 1470	4	2	2	Alto	Medio	Medio	Clientes de alto valor	
PQ00005	31/10/2023	0	6	S/ 370	4	1	1	Alto	Bajo	Bajo	Clientes comunes	
PQ00006	2/01/2022	667	1	S/ 50	1	1	1	Bajo	Bajo	Bajo	Clientes reactivación	
PQ00007	25/10/2023	6	5	S/ 300	4	1	1	Alto	Bajo	Bajo	Clientes comunes	
PQ00008	2/01/2022	667	1	S/ 10	1	1	1	Bajo	Bajo	Bajo	Clientes reactivación	

3. RESULTADOS

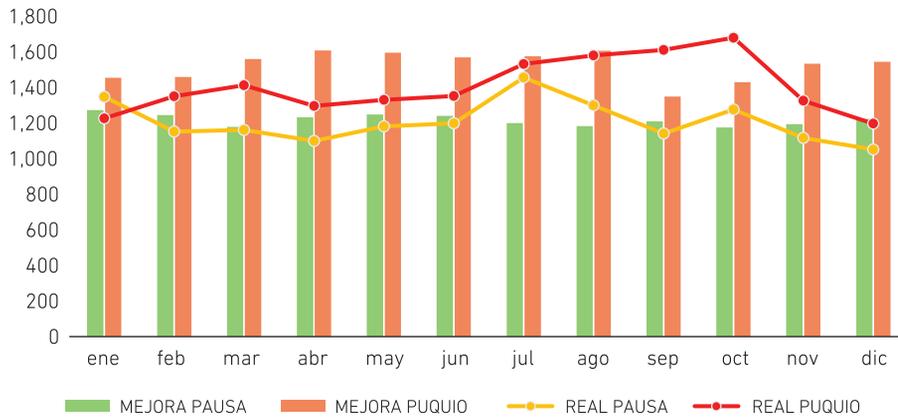
Con el objetivo de optimizar los ingresos y mejorar la toma de decisiones estratégicas, se implementaron, en conjunto, los resultados de las tres herramientas para el desarrollo del modelo de mejora propuesto.

Series de tiempos

El resultado revela la demanda proyectada a lo largo del periodo de un año, detallado por mes en la Figura 11.

Figura 11

Evolución de la demanda



Las variaciones de la demanda que se generan como resultado figuran en la Tabla 3.

Tabla 3

Variación de la demanda

Ruta	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Pausa	-5,6 %	8,1 %	1,5 %	12,1 %	5,6 %	3,5 %	-7,6 %	-2,9 %	5,9 %	-7,8 %	7,0 %	16,3 %
Puquio	18,5 %	8,1 %	10,4 %	24,1 %	20,0 %	16,0 %	2,8 %	1,6 %	-6,2 %	7,9 %	15,7 %	29,1 %
Total	5,9 %	8,1 %	6,4 %	18,6 %	13,2 %	10,1 %	-4,4 %	-0,5 %	-0,1 %	1,7 %	11,7 %	23,1 %

RM

Se proporciona los precios óptimos para determinados rangos de demanda, los cuales serán aplicados a lo largo de la operatividad del negocio. El objetivo de esta estrategia es contrarrestar

los momentos de mayor y menor actividad con precios ajustados que maximicen ingresos. Dichos resultados se visualizan en la Tabla 4.

Tabla 4

Resultado de precios óptimos

Puquio	Demanda	Pausa	Demanda
S/ 72	menos de 41	S/ 80	menos de 38
S/ 60	41 - 48	S/ 100	43 - 44
S/ 50	49 - 58	S/ 97	45 - 47
S/ 48	59 - 64	S/ 74	48 - 51
S/ 65	más de 65	S/ 89	más de 52

RFM

Se designa la categoría para cada segmento de clientes en la Figura 12.

Figura 12

Segmentación de clientes

PAUSA			PUQUIO		
Segmento de cliente	%	Categoría	Segmento de cliente	%	Categoría
Clientes de alto valor	0,43 %	1	Clientes de alto valor	0,15 %	1
Clientes en crecimiento	0,16 %		Clientes en crecimiento	0,15 %	
Clientes comunes	37,15 %	2	Clientes comunes	35,60 %	2
Clientes reactivación	17,45 %		Clientes reactivación	19,44 %	
Clientes en riesgo de fuga	44,80 %	3	Clientes en riesgo de fuga	44,67 %	3

Asimismo, a cada categoría se le asigna una estrategia específica. Véase la Tabla 5.

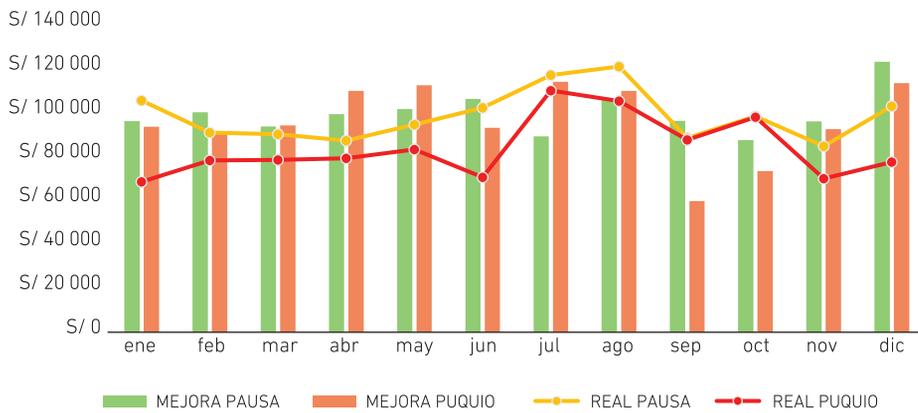
Tabla 5

Segmentación de campañas

Categoría	Campaña	Estrategia
1	Programa de membresía VIP	- Equipaje sellado - Asientos 180° - Lunch de cortesía
2	Promoción de lealtad	Descuento de 10 %
3	Campaña por preferencia	Descuento de S/ 10

La primera estrategia tiene como fin mejorar la experiencia del cliente a cambio de un costo mensual de S/ 70 por membresía. Las estrategias segunda y tercera tienen como fin impulsar la demanda mediante descuentos llamativos. El resultado de las herramientas revela la ganancia proyectada a lo largo del periodo de un año, detallado por mes en la Figura 13.

Figura 13
Evolución de la ganancia



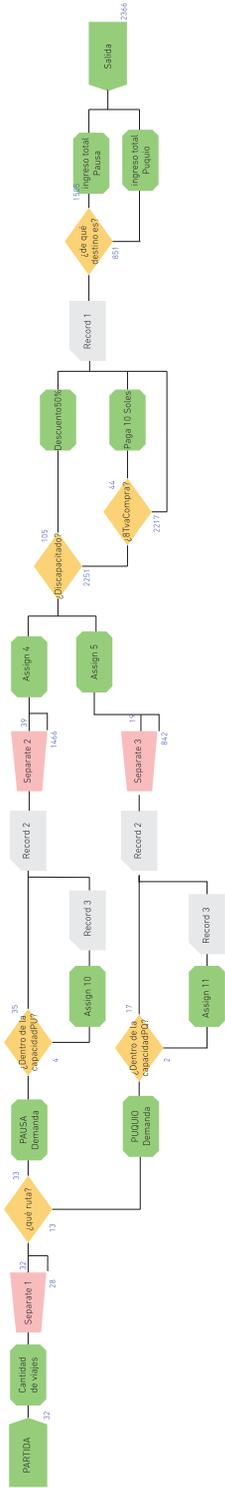
Las variaciones de la ganancia que se generan como resultado aparecen en la Tabla 6.

Tabla 6
Variación de la ganancia

Ruta	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Pausa	-8,9 %	10,3 %	3,9 %	13,8 %	7,5 %	3,9 %	-3,8 %	-2,5 %	8,9 %	-1,1 %	13,3 %	19,7 %
Puquio	36,6 %	16,2 %	19,9 %	38,6 %	35,2 %	32,0 %	3,6 %	4,3 %	-3,9 %	2,1 %	32,1 %	46,3 %
Total	9,0 %	13,0 %	11,3 %	25,6 %	20,5 %	15,4 %	1,4 %	2,8 %	6,8 %	1,2 %	21,8 %	31,1 %

Asimismo, con el resultado del desarrollo de las tres herramientas, se realizó una simulación, la cual se muestra en la Figura 14.

Figura 14
Modelo Arena – Proceso estratégico comercial



Cálculo del número de réplicas

Se realizaron pruebas con diversos valores de réplicas, para lo cual se empleó el método empírico basado en la tasa de capacidad. Los resultados concluyeron que, a mayor número de réplicas, menor era el error (*half-width*). Finalmente, con treinta y cinco réplicas se obtuvo un *half-width* cercano a 0,05, el cual a su vez cumplía con la segunda condición (*standard deviation* mayor a *half-width*).

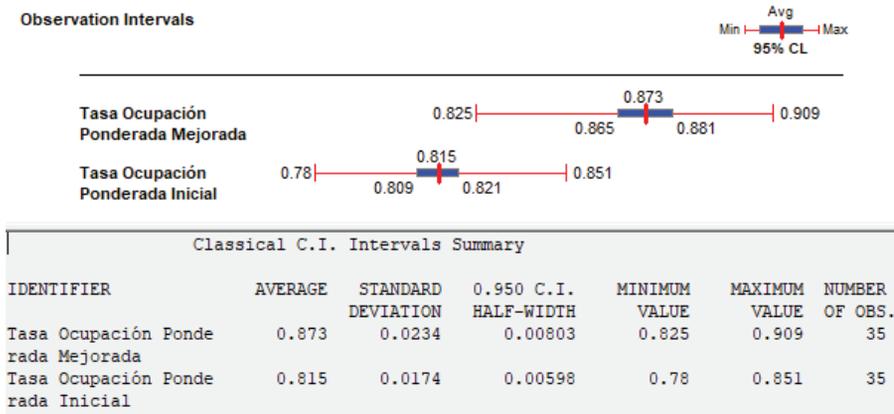
Comparación de ambos escenarios

Se presentan las comparaciones entre ambos escenarios para los dos indicadores más representativos del modelo.

1. Tasa de ocupación ponderada

Figura 15

Comparación de resultados del indicador 1 mejorado versus inicial – Arena



Analizar los datos:

- Indicador original (\bar{X}_A): [0,81; 0,82] porcentaje.
- Indicador propuesto (\bar{X}_B): [0,87; 0,88] porcentaje.

$$\bar{X}_A < \bar{X}_B$$

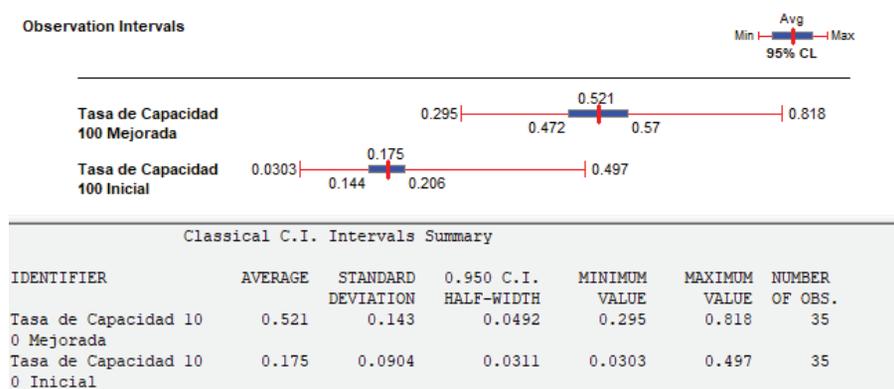
Asimismo, se evidencia que mediante la aplicación de la herramienta se logró incrementar la demanda, con lo cual se superó el rango del 5 % recomendado: la demanda final fue de

5,83 %, una diferencia significativa en comparación con el escenario inicial. Con respecto a los ingresos obtenidos, se generó S/ 376 000 en comparación a S/ 201 000 en promedio, lo cual demuestra un incremento significativo. Esto demuestra que el uso de la herramienta de RM es eficiente para la empresa.

2. Tasa de capacidad al 100 %

Figura 16

Comparación de resultados del indicador 2 mejorado versus inicial - Arena



Analizar los datos:

- Indicador original ($\overline{X_A}$): [0,14; 0,21] porcentaje.
- Indicador propuesto ($\overline{X_B}$): [0,47; 0,57] porcentaje.

$$\overline{X_A} < \overline{X_B}$$

Mediante la aplicación de la herramienta RFM y las estrategias generadas a través de la diferenciación de perfiles por cliente, se logró incrementar la capacidad de la demanda en su totalidad. Se superó el rango del 5 % recomendado, con un 34,6 % de diferencia significativa en comparación con el escenario inicial. Debe entenderse, por tanto, que las estrategias resultan ser lo suficientemente atractivas para llenar la capacidad del bus, con lo cual se alcanzaría una mayor productividad del recurso.

Los resultados de la implementación se ven reflejados en el incremento del 15,51 % del margen bruto. Esto se logró gracias a la distribución estratégica de precios durante los meses de julio, agosto y septiembre, los cuales reflejaban una variación negativa de la demanda entre -0,1 % y -4,4 %. Asimismo, la segmentación mediante RFM permitió identificar a un pequeño grupo, correspondiente al 0,89 % de la cartera de clientes (categoría 1), con el cual se pudo impulsar el margen de la empresa y la mejora en la calidad de servicio. El valor por cliente, para este pequeño grupo, es de S/ 36,5.

4. DISCUSIÓN

Un artículo destaca que los procedimientos para generar estrategias de precios iniciales son especialmente eficientes en mercados pequeños. Además, agregar precios iniciales generados heurísticamente mejora significativamente la solución final, con resultados de mejora de entre un 15 % y más del 50 % (Oliveira et al., 2018, p. 345). Sin embargo, estos resultados pueden ser menos realistas si se los compara con el presente estudio, en el cual las ganancias se incrementaron en un 6,63 %, 15,67 % y 0,56 % para los meses de enero, mayo y julio, respectivamente, y en el que se destaca la necesidad de equilibrar eficiencia y realismo en las estrategias de precios. Otro artículo propone métodos de pronóstico de demanda para eventos de ventas a nivel de producto, enfocados en escenarios sin restricciones, lo cual demuestra mejoras significativas en los ingresos del 0,5 % al 1,4 % (Kourentzes et al., 2019, p. 39). En contraste, nuestro pronóstico evidencia mejoras en los ingresos que varían entre el 1,2 % y el 25,6 %, lo cual incluye condiciones específicas como indicadores de estacionalidad de la empresa, entre otros patrones de comportamiento.

En cuando a los resultados del presente estudio, estos revelan una mejora significativa para la empresa en el aprovechamiento de recursos evidenciado en el evolutivo. Parte de este resultado se encuentra influenciado por el despliegue de la estrategia comercial desarrollada en base a RFM. Sin embargo, Horita y Yamashita (2019) sostienen que, en base a su estudio, aún no se ha desarrollado un enfoque 100 % eficiente para gestionar la asignación de promociones, sobre la base de un proceso de ensayo y error que pueda resultar de apoyo para la toma de decisiones. Asimismo, la investigación de dichos autores recomienda personalizar el uso de la herramienta según las necesidades del negocio, personalización también denominada *ajuste del modelo*. La personalización por parte de Horita y Yamashita significó adicionar un cuarto factor de distancia al análisis RFM, con lo que se obtuvo una subclasificación de las categorías, lo cual duplicó su número.

El estudio busca analizar el comportamiento del consumidor en relación a dos variables: la volatilidad de precios y la intención de compra, luego de recibir una oferta personalizada del servicio. Cabe recalcar que se tomaron las encuestas realizadas en los ambientes de la empresa como referentes de una variable de intención de compra. Como complemento a esto, un estudio realizado a una empresa dedicada al alquiler de automóviles señala que la percepción del precio se ve influenciada por los estilos de pensamiento integral y analítico, y, a su vez, estos influyen en la intención de compra (Shaw et al., 2022, p. 220).

En cuanto al futuro del proyecto, se podría mejorar la precisión del modelo mediante la inclusión de datos externos relevantes, por ejemplo, estudios económicos que ayuden a reducir la estocasticidad de la relación demanda-precio. Asimismo, también se podría mejorar la eficiencia del proceso mediante la incorporación de *softwares* de automatización que simplifiquen la operatividad de la metodología y contribuyan a un ahorro de costos a futuro. Para concluir, nuestro enfoque resalta la importancia de desarrollar metodologías que apoyen la toma de decisiones empresariales de forma eficiente y contribuyan a la planificación estratégica.

5. CONCLUSIÓN

Desde una perspectiva práctica, las series de tiempos, la RM y el modelo RFM son herramientas que se complementan de manera efectiva para gestionar clientes. Como sustento, este modelo permite a las empresas de transporte aprovechar al máximo la información de previsión de la demanda y optimizar sus estrategias de precios. Esto mejora, a su vez, su competitividad en el mercado, lo cual es nuevo en comparación con estudios anteriores. Las estrategias comerciales propuestas sobre la base de los resultados de RFM no solo se limitan a invertir dinero para retener clientes, sino que, también, representan una oportunidad para incrementar la rentabilidad frente a los clientes de alto valor. Sin embargo, no se puede esperar resultados certeros al aplicar algún tipo de estrategia, ya que la incertidumbre y la variabilidad del entorno siempre estarán presentes en la toma de decisiones del comprador.

Finalmente, los resultados muestran que la propuesta de mejora del proyecto es significativa y positiva para la empresa, debido a que la simulación numérica valida el rendimiento de incrementar la tasa de ocupación de asientos en 6,99 %, frente a una brecha técnica de 5,85 %. En términos de implementación, maximizar las ganancias basadas en la demanda presenta una efectividad de entre 1,2 % y 25,6 %.

REFERENCIAS

- Brandizzi, N., Russo, S., Galati, G., & Napoli, C. (2022). Addressing vehicle sharing through behavioral analysis: A solution to user clustering using recency-frequency monetary and vehicle relocation based on neighborhood splits. *Information*, 13(11), 511. <https://doi.org/10.3390/info13110511>
- Dalalah, D., Khasawneh, M., & Khan, S. (2022). Pricing and demand management of air tickets using a multiplicative newsvendor model. *Journal of Revenue and Pricing Management*, 21(5), 517-528. <https://doi.org/10.1057/S41272-021-00368-1/TABLES/3>
- Estrada-Esquivel, H., Martínez-Rebollar, A., Wences-Olguin, P, Hernandez-Perez, Y., & Ortiz-Hernandez, J. (2022). A smart information system for passengers of urban transport based on IoT. *Electronics*, 11(5), 834. <https://doi.org/10.3390/electronics11050834>
- Fan, W., Wu, X., Shi, X. Y., Zhang, C., Hung, I. W., Leung, Y. K., & Zeng, L. S. (2023). Support vector regression model for flight demand forecasting. *International Journal of Engineering Business Management*, 15, 1-9. <https://doi.org/10.1177/18479790231174318>
- Guerriero, F., Luzzi, M., & Macrina, G. (2021). Revenue management approach for passenger transport service: An Italian case study. En R. Cerulli, M. Dell'Amico, F. Guerriero, D. Pacciarelli & A. Sforza (Eds.), *Optimization and decision science. ODS, Virtual*

- Conference, november 19, 2020* (pp. 237-247). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86841-3_20
- Handojo, A., Pujaman, N., Santosa, B., & Laksono Singgih, M. (2023). A multi layer recency frequency monetary method for customer priority segmentation in online transaction. *Cogent Engineering*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2162679>
- Horita, Y., & Yamashita, H. (2019). Bayesian network considering the clustering of the customers in a hair salon. *Cogent Business & Management*, 6(1), 1-15. <https://doi.org/10.1080/23311975.2019.1641897>
- Kourentzes, N., Li, D., & Strauss, A. K. (2019). Unconstraining methods for revenue management systems under small demand. *Journal of Revenue Pricing Management*, 18(1), 27-41. <https://doi-org.ezproxy.ulima.edu.pe/10.1057/s41272-017-0117-x>
- Martí, P., Jordán, J., De la Prieta, F., & Julian, V. (2023). Optimization of rural demand-responsive transportation through transfer point allocation. *Electronics*, 12(22), 4684. <https://doi.org/10.3390/electronics12224684>
- Oliveira, B. B., Carravilla, M. A., & Oliveira, J. F. (2018). Integrating pricing and capacity decisions in car rental: A matheuristic approach. *Operations Research Perspectives*, (5), 334-356. <https://doi.org/10.1016/j.orp.2018.10.002>.
- Shaw, S., Chovancová, M., & Bejtkovský, J. (2022). Managing price changes: Role of consumer thinking styles on perceived price fairness and purchase intention. *Innovative Marketing*, 18(2), 212-223. [http://dx.doi.org/10.21511/im.18\(2\).2022.18](http://dx.doi.org/10.21511/im.18(2).2022.18)
- Tang, L., Gan, A., Cevallos, F., & Alluri, P. (2018). Characteristics of bus transit vehicles in the United States: A 30-year national trend analysis. *Transportation Research Record*, 2672(8), 41-51. <https://doi.org/10.1177/0361198118782268>
- Wilbert, H. J., Hoppe, A. F., Sartori, A., Stefenon, S. F., & Silva, L. A. (2023). Recency, frequency, monetary value, clustering, and internal and external indices for customer segmentation from retail data. *Algorithms*, 16(9), 396. <https://doi.org/10.3390/a16090396>
- Yuan, W., & Nie, L. (2020). Optimization of seat allocation with fixed prices: An application of railway revenue management in China. *PLoS ONE*, 15(4). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0231706>
- Zelenkov, Y. A., & Suchkova, A. S. (2023). Predicting customer churn based on changes in their behavior patterns. *Business Informatics*, 17(1), 7-17. <https://doi.org/10.17323/2587-814X.2023.1.7.17>

Propuesta de mejora en la logística de entrada de una empresa importadora de automóviles mediante *lean management*

Jimena Pinto Adriazola

<https://orcid.org/0009-0002-8575-9544>

Ingeniería Industrial,

Universidad de Lima, Perú

20191563@aloe.ulima.edu.pe

Jimena Mc Farlane Camino

<https://orcid.org/0009-0003-1922-5752>

Ingeniería Industrial,

Universidad de Lima, Perú

20191234@aloe.ulima.edu.pe

Rafael Chavez-Ugaz

<https://orcid.org/0000-0002-9450-0158>

Ingeniería Industrial,

Universidad de Lima, Perú

rchavezu@ulima.edu.pe

Recibido: 31 de julio del 2024 / Aceptado: 26 de agosto del 2024

Publicado: 25 de abril del 2025

doi: <https://doi.org/10.26439/ciii2024.7789>

RESUMEN. En esta investigación, se presenta una propuesta de mejora para una empresa de concesionarios de automóviles. La industria propuesta está en constante cambio y la escasez de *stock* y los retrasos en la entrega de pedidos generan un impacto negativo en el índice de nivel de servicio. Se diagnosticó un problema en el área de logística de entrada de la empresa para obtener el inventario necesario y satisfacer la demanda de ventas de vehículos. En este sentido, este artículo propone un modelo integrado que utiliza herramientas de *lean management*, lo

cual incluye *kanban* y VSM, de la mano con herramientas de la industria 4.0, para aumentar este indicador. La investigación se valida a través de una simulación en *Arena software*, y se observa que el nivel de servicio registra un aumento del 11,52 %. Con el uso de *digital twin*, el número de quejas debido al tiempo de entrega disminuyó al 1,6 %, mientras que *kanban* y *machine learning* ayudaron a alcanzar una falta de *stock* del 12,08 %. La contribución propuesta puede guiar a otras empresas concesionarias en la industria automotriz para contrarrestar muchos de los principales problemas relacionados con su nivel de servicio.

PALABRAS CLAVE: gemelo digital / industria 4.0 / *kanban* / *lean management* / *machine learning* / nivel de servicio

PROPOSAL FOR IMPROVING THE INBOUND LOGISTICS IN AN AUTOMOBILE IMPORTING COMPANY USING LEAN MANAGEMENT

ABSTRACT. In this research, an improvement proposal is presented for a car dealership company. The proposed industry is constantly changing due to technological advances and the new approach to placing the customer at the center of all decisions. Stock shortages and delays in order delivery generate a negative impact on the service level index. By analyzing the company's processes, a problem was diagnosed in the inbound logistics area to obtain the necessary inventory and satisfy the demand for vehicle sales. In this sense, this article proposes an integrated model that uses lean management tools, including Kanban and VSM, hand in hand with Industry 4.0 tools to increase this indicator. The research is validated through a simulation in *Arena software*, and it is observed that it has a positive impact on the company, since by implementing them the service level registers an increase of 11,52 %. With the use of digital twin, the number of complaints due to lead time decreased to a 1,6 %, while Kanban and machine learning helped reach a stock outage of 12,08 %. The contribution proposed in this study can guide other dealership companies in the automotive industry to counteract many of the main problems related to their service level.

KEYWORDS: digital twin / industry 4.0 / Kanban / lean management / machine learning / service level

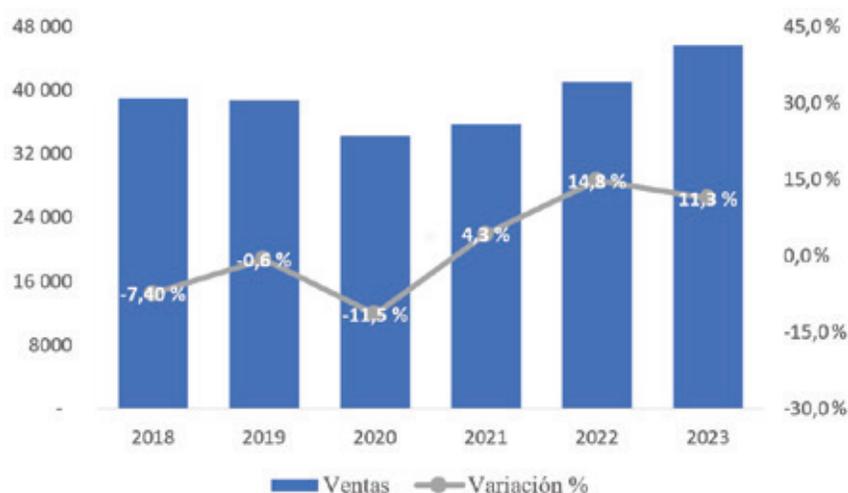
1. INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos pueden ser disruptivos y revolucionarios en la industria. La industria automotriz no escapa de este contexto, ya que el sector está experimentando cambios debido a la diversificación y la servitización, proceso por el cual un producto es convertido en un servicio a través de la transformación digital (Genzlinger et al., 2020; Vandermerwe & Rada, 1988). El sector está siendo transformado por el fenómeno de la movilidad compartida, eléctrica y automatizada.

El contexto generado por la COVID-19 tuvo un gran impacto en la industria automotriz del país. La evolución de las ventas de vehículos ligeros en el Perú muestra una caída en las ventas en el 2020 debido a la pandemia, con una variación negativa del 11,5 % en comparación con el 2019 (véase la Figura 1). Además, hay una tendencia creciente para el 2023, con una variación positiva del 11,3 % para el 2022.

Figura 1

Ventas de vehículos ligeros en el Perú (a marzo de cada año)



En cuanto al sector *retail* de la industria automotriz, el control de inventarios aparece como uno de los principales problemas que se pueden mitigar a través de la metodología *lean*: “La falta de *stock* ... es un problema importante en el negocio minorista, ya que contribuye a la pérdida de ventas y a la disminución de la lealtad del consumidor” (Marques et al., 2022). Según Sezen & Turkkantos (2013), la aplicación de herramientas *lean* no se limita al área de operaciones de producción internas, sino que también puede orientarse a actividades de servicio centradas en el cliente. Herramientas como JIT, *kaizen* y *poka-yoke* se utilizan para generar un rendimiento óptimo en términos de calidad, velocidad, flexibilidad y costos. Asimismo, la

herramienta *value stream management* (VSM, pero también conocida como *mapeo de flujos de valor*) puede implementarse para identificar las causas del desperdicio, mientras que 5S se enfoca en mejorar la calidad y la velocidad de las actividades.

Como resultado del cambio en el enfoque de las empresas, la satisfacción de los clientes exige un mejor sistema de atención al cliente, especialmente en el sector minorista. La aplicación de herramientas de *lean management* en el área de servicios permite mitigar problemas que conducen a un mal servicio al cliente y que se traducen en pérdidas económicas, tales como la gestión inadecuada del inventario y largos tiempos de entrega. Dado esto, se pretende diseñar una propuesta de mejora en el sector automotriz, específicamente en el ámbito de la logística entrante, mediante la aplicación de herramientas de *lean management* en combinación con la industria 4.0. Para demostrar la validez de la propuesta, se desarrollará un estudio de caso en una empresa concesionaria de automóviles. Esta empresa fue fundada como parte de una corporación automotriz en 1986, como canal de distribución oficial de un fabricante de vehículos coreano e indio. En el Perú, la empresa ha representado una de sus líneas de marca desde el 2003. Hoy en día, cuenta con cinco sucursales y nueve concesionarios en la ciudad de Lima, además de otros diecinueve en provincias.

Para evaluar la solución al problema, se desarrolló el estado del arte con las siguientes tipologías: el enfoque *lean*, el sector *retail* y la industria automotriz, la herramienta VSM y, por último, el enfoque *lean* y la industria 4.0.

1.1 *Lean*

En los documentos revisados, *lean* es una metodología que se originó en empresas manufactureras; por lo tanto, tiende a dirigirse más a actividades operativas de producción (Oliveira et al., 2019; Vasudevan et al., 2022). Sin embargo, la filosofía *lean* ya no se aplica únicamente a procesos de fabricación, sino también a operaciones de servicio como el *retail lean* (Daine et al., 2011; Kroes et al., 2018), el cual busca mejorar el rendimiento empresarial mediante el uso de información y tecnologías. Las herramientas *lean* más frecuentemente empleadas en estos casos incluyen a 5S, JIT, *kaizen*, *kanban*, *poka-yoke*, *six sigma* y VSM. Estas son aplicadas en diversas etapas de la cadena de valor, como operaciones, logística, *marketing* y ventas, y tecnología y comunicación.

Por otro lado, dentro del área logística, la planificación inadecuada con proveedores puede abordarse a través de la metodología *lean* (Martins et al., 2020). Para responder a la demanda cambiante, es necesario aplicar estrategias de *lean management* que involucren la identificación del valor que eliminar desperdicios tiene para el cliente. Luego, la creación de valor se mapea mediante VSM. Además, se fomenta el uso de sistemas de *pull*, los cuales dependen de los pedidos de los clientes. Finalmente, la búsqueda de la perfección a través de la mejora continua de procedimientos es esencial. Por esta razón, el enfoque *lean* se aplica efectivamente

en *lean warehousing*, ya que puede eliminar reprocesos, reducir los tiempos de entrega a los clientes y gestionar el inventario de manera más eficiente.

1.2 El sector *retail* y la industria automotriz

En relación con el sector *retail*, varios autores indican que el control de inventarios es uno de los principales problemas que se pueden mitigar a través de la metodología *lean*. Además, se plantean otros problemas en la etapa logística, como el cierre de tiendas no rentables, la falta de organización de mercancías y las mejoras en la eficiencia del transporte y la logística, entre otros (Kroes et al., 2018). Los resultados encontrados en la revisión de la literatura coinciden con lo mencionado por los autores citados, ya que la logística se muestra como la segunda etapa más discutida en los artículos seleccionados. El área de operaciones representa un porcentaje mayor, lo cual es esperado, ya que, como se mencionó anteriormente, *lean* se originó en empresas manufactureras y generalmente se aplica en actividades de producción.

Dentro del problema de los desabastecimientos, una de las causas es la inexactitud de los registros de inventario, lo que tiene un impacto significativo porque influye directamente en las decisiones operativas. El seguimiento manual de las unidades de *stock* es una tarea que consume tiempo; de ahí la recomendación de utilizar sistemas de reabastecimiento automatizados, en los que el monitoreo de inventario permite la creación de planes de pedido (Kang & Gershwin, 2005).

1.3 VSM

La herramienta VSM, que se origina en la manufactura *lean*, incluye el análisis, diseño y planificación de flujos de valor basados en potenciales de mejora (Hines et al., 1998; Plappler et al., 2018; Rother & Shook, 2003). VSM se utilizó para resaltar las responsabilidades y flujos de información dentro del proceso de negociación de la cadena de valor B2B de una empresa en el sector automotriz. La visualización de la información proporcionada por el diagrama VSM sirvió para diagnosticar y tomar medidas para integrar los procesos de comercio, pago y transporte. El proceso de negociación, al estar interconectado, se convierte en un proceso más confiable, rentable y que ahorra tiempo.

Además, hay resultados que muestran que la aplicación VSM es una herramienta efectiva para identificar las causas de desperdicio y problemas en empresas que prestan servicios en la industria automotriz. La revisión sistemática de la literatura determinó que el 14 % de los artículos presentan esta técnica como la óptima para este propósito. Tuesta et al. (2019) encontraron una reducción del 30 % en el tiempo de entrega debido a un proceso más fluido con menos colas; además, el tiempo de entrega más allá del límite disminuyó de 28 % a 8 % al aplicar esta herramienta. Shah et al. (2017) indican que el 86,6 % de sus encuestados cree que VSM tiene un impacto positivo en el rendimiento de la empresa al abordar problemas, como la reducción de desperdicios, el tiempo de entrega y la calidad del producto, entre otros.

1.4 *Lean* e industria 4.0

El procesamiento de datos en tiempo real tiene un impacto positivo en el principio *lean* de “justo a tiempo”. Asimismo, tecnologías como la inteligencia artificial, la minería de datos y el aprendizaje automático, que son parte de la revolución industrial, pueden ser esenciales en la gestión de la cadena de la empresa propuesta (Ghouat, 2021). Santos et al. (2021) definen varios ejemplos de la sinergia entre la industria 4.0 y el *lean management* en una empresa de la industria automotriz; así, también, se refieren al uso de VSM para identificar desperdicios y a la relación entre el internet de las cosas y *six sigma* para optimizar el flujo de información y de recursos.

Para la falta de comunicación con proveedores y empresas de envío, se encuentran soluciones dentro de la tecnología de simulación. Un método común de esta tecnología es el concepto de gemelo digital (DT). Esta herramienta es una representación virtual de un objeto o sistema hecha a partir de datos reales y simulaciones. Florescu y Barabas (2022) proponen que la integración de los DT con las técnicas del *lean* TPM, equipos multifuncionales y metodología VSM puede tener implicaciones y beneficios favorables en la automatización de los procesos de una empresa. La tecnología DT aplicada al transporte de carga permite una mayor comprensión del comportamiento de los vehículos de transporte, así como mayores capacidades de predicción y adaptabilidad automatizada en tiempo real (Alexandru et al., 2022).

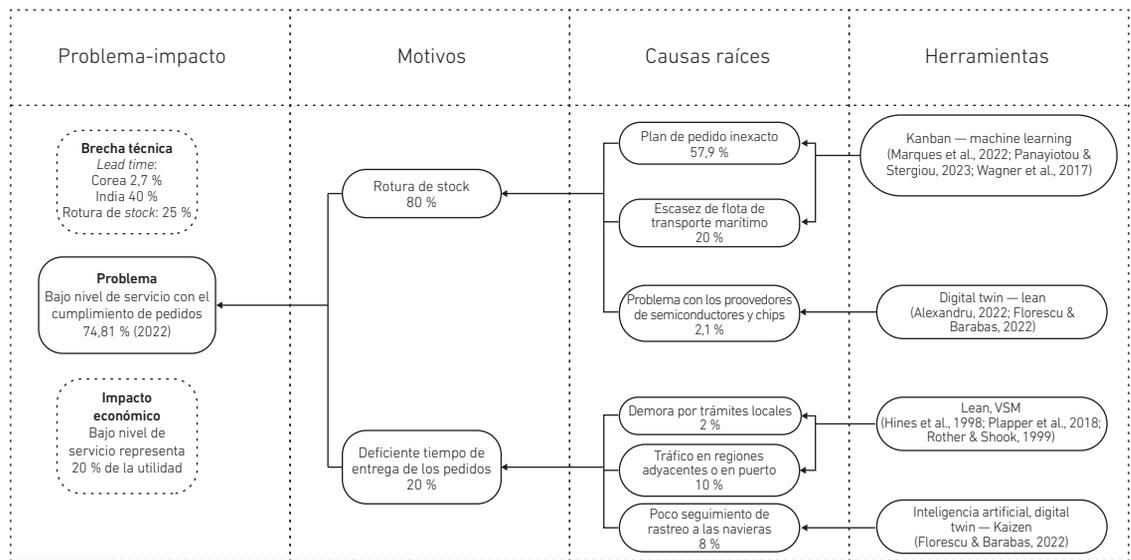
Para abordar los problemas que ocurren en los procesos de almacenamiento y control de inventarios que, en última instancia, impactan la satisfacción del cliente, varios autores proponen soluciones tecnológicas innovadoras (Kusrini et al. 2018; Alumbugu et al., 2021; Kudelska & Niedbał, 2020; Škerlič & Muha 2017; Kudelska et al., 2017). Implementar un sistema de planificación de recursos empresariales puede ser beneficioso para resolver estos tipos de problemas, ya que este sistema crea sinergias entre los recursos de la empresa, con lo cual logra la excelencia en compras computarizadas, la gestión de inventarios y las ventas de la empresa (Rahayu & Tjandera, 2022).

2. METODOLOGÍA

Basado en los hallazgos de los artículos científicos revisados y las recomendaciones de los autores, se incluyeron herramientas de solución posibles que se alinean con cada problema y objetivo en la matriz de construcción del modelo presentado en la Figura 2. Las herramientas propuestas pertenecen a la metodología de *lean management* y a la industria 4.0, y combinan áreas de investigación en gestión de inventarios, logística y mejora de procesos. Se determinó, a través de un análisis cualitativo, que el desabastecimiento se debe principalmente a la inexactitud del plan de pedidos, la escasez de la flota de transporte marítimo y los problemas con los proveedores de la marca de vehículos de la empresa del caso de estudio. Por otro lado, mediante la recolección de datos de la empresa, se distinguió que el tiempo de entrega de pedidos se

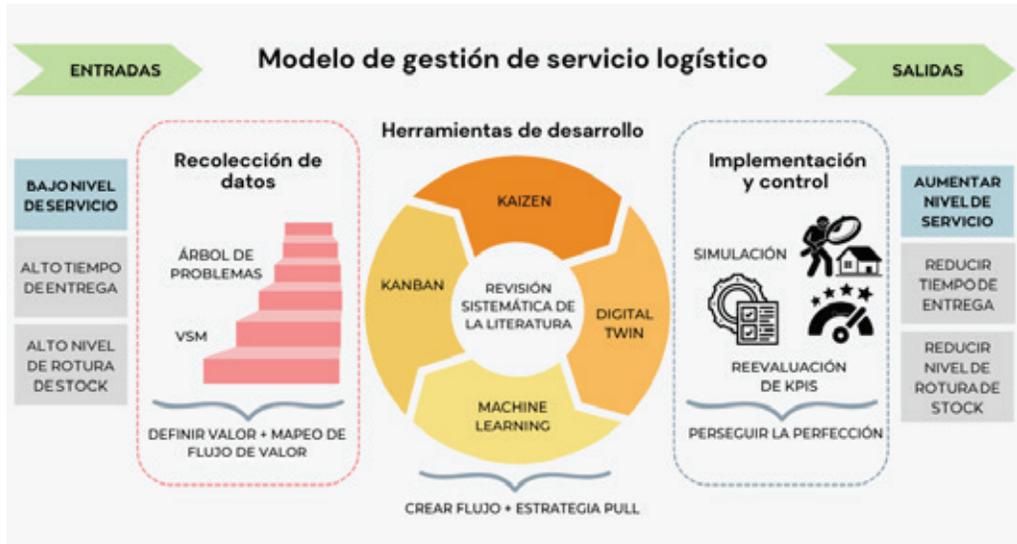
ve generalmente afectado por el tiempo de gestión de procedimientos locales, el tráfico en puertos o regiones adyacentes a las rutas marítimas y el escaso control de seguimiento por parte de las empresas de envío para calcular el tiempo de pedido.

Figura 2
Vinculación entre causas raíz y herramientas de LM



El diseño del modelo propuesto se divide en tres componentes como se observa en la Figura 3. Se adaptó el uso de herramientas de *lean management* e industria 4.0 conjuntamente para aumentar el nivel de servicio de la empresa en el sector minorista automotriz y lograr el objetivo esperado. También, se propuso una etapa de control en la que se pueden dejar mecanismos con los cuales la empresa pueda mantener el uso de las técnicas utilizadas y asegurar que la mejora prevalezca, acorde con el principio de *lean management*.

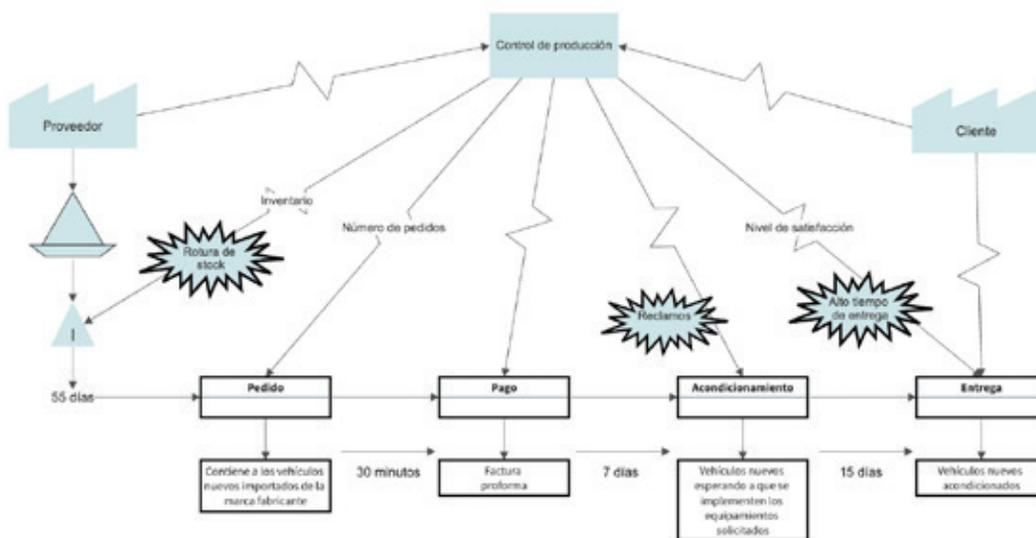
Figura 3
Modelo de gestión de servicio logístico



2.1 Fase I: recolección de datos

El primer componente se basa en la recolección de datos para la determinación y diagnóstico del problema. Bajo los conceptos de *lean management*, se desarrolló un diagrama VSM con el cual se analizan globalmente los flujos de valor que actualmente se encuentran en la empresa y por el que, en consecuencia, se identifican oportunidades de mejora en cada actividad de los procesos. Se examinaron los flujos de información, que son las previsiones de los pedidos de órdenes que se envían al proveedor, así como las solicitudes de compra que el cliente envía a la empresa, las cuales se ubican en la parte superior del VSM (véase la Figura 4). Finalmente, se desarrolla un árbol de problemas en el que se muestra el problema principal, el impacto económico, las evidencias y las causas raíz. Esto permitirá analizar técnicas y herramientas que pueden ser alternativas para mitigar estos problemas.

Figura 4
VSM



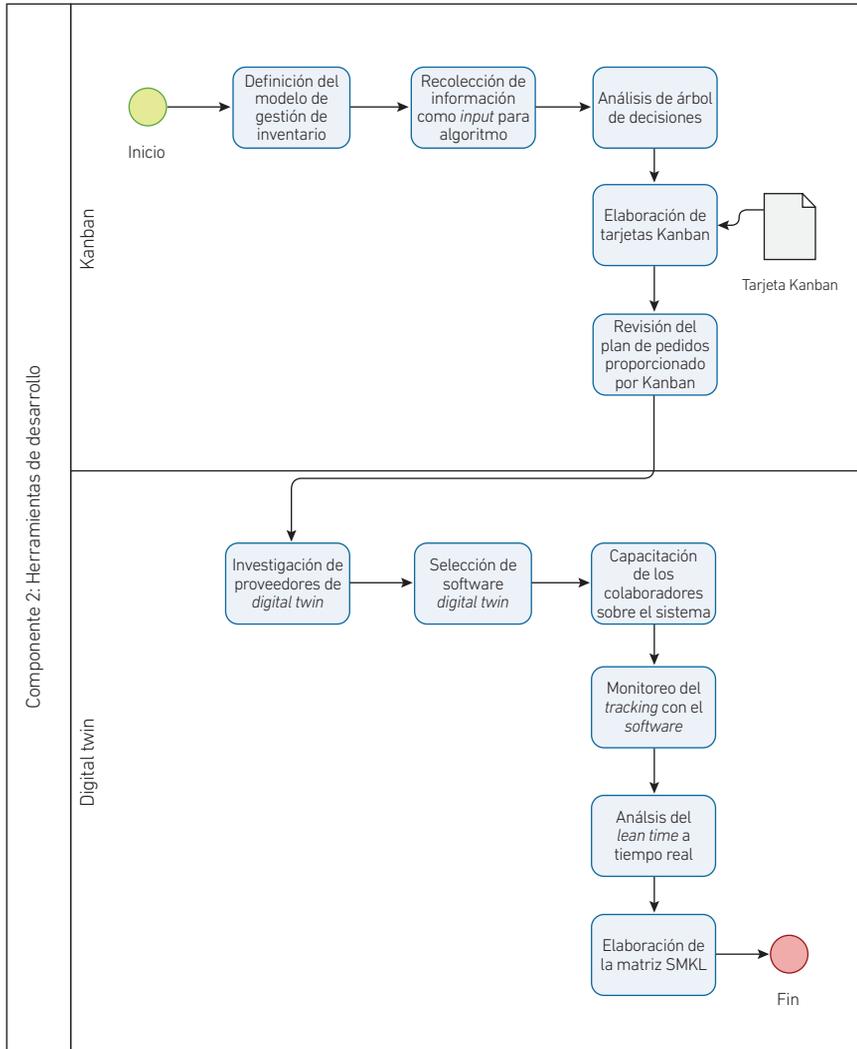
2.2 Fase II: intervención técnica

La segunda fase hace referencia a la intervención técnica detallada en la Figura 5. Para la intervención *kanban*, los vehículos pasan por un control de código de barras cuando llegan al almacén. Este escaneo se utiliza para contar el número de vehículos en *stock*. Con la tarjeta *kanban*, este código de barras puede referenciar los datos principales del vehículo, como el código del vehículo, la descripción, previa especificación del nombre y color del modelo, la cantidad en *stock*, la ubicación, ya sea en un almacén o tienda, el conocimiento de embarque, el proveedor, la fecha de importación y posibles notas adicionales.

El control de código de barras en la tarjeta *kanban* funciona correctamente para el control de inventario de los vehículos de la empresa, ya que la empresa gestiona un almacén de aproximadamente seis mil unidades. De este modo, se previenen errores manuales. Asimismo, se mantiene la trazabilidad de los vehículos que ingresan después de la importación y que pertenecen al mismo lote y proveedor. La proyección del inventario de vehículos se desarrollará a través del uso de *machine learning* con el *software* RStudio. Aunque la empresa actualmente trabaja con el uso de hojas de cálculo para encontrar esta información, el uso de RStudio previene posibles errores que pudieran ocurrir al hacer esta proyección, ya que generalmente se utiliza el promedio de la demanda de los siguientes tres meses. Para ello, se requiere información sobre el inventario inicial, la demanda de unidades y la entrada de unidades al inventario a través de órdenes de compra. El inventario proyectado se calcula de la siguiente forma:

$$\text{inventario proyectado} = \text{inventario disponible} + \text{pedido} - \text{demanda}$$

Figura 5
Proceso de intervención técnica



El *software* que se adquirirá para localizar los buques RoRo de importación, provenientes del puerto de origen en India, será Marine Traffic. Esta aplicación funciona con un sistema de identificación automática, conocido en inglés como *automatic identification system*, que permite recopilar datos de los buques de carga en tiempo real y que se envían al servidor central de Marine Traffic para poder compartir y mostrar la ubicación de los barcos en el mapa. La información recibida de los buques es de tres tipos. Se obtiene información dinámica, como la posición del barco, la velocidad, el estado actual, el rumbo y el grado de giro. Asimismo, se

analiza información estática, como el nombre del barco, el número IMO, el número MMSI y las dimensiones. La tercera sección de información corresponde a la información específica del viaje, como el destino de la embarcación, el tiempo estimado de llegada y el estado actual.

Este *software* utiliza el DT para mejorar su servicio de seguimiento a través de su proyecto Vessel AI. A través de la tecnología del DT, los datos del buque físico se vinculan directamente con la réplica digital, lo que genera detalles de precisión sin precedentes. Adaptado a las necesidades del sector marítimo, el DT constituye una representación virtual del buque que extiende su vida útil y se actualiza constantemente con datos en tiempo real. Se pueden recibir datos como características estructurales del buque, detalles del itinerario, condiciones de carga e información meteorológica en tiempo real. Así, los trabajadores de logística y comercio exterior recibirán información marítima precisa y exacta para las importaciones planificadas, de manera que puedan proporcionar estos datos a los vendedores. Con este seguimiento, los vendedores podrán informar el tiempo de entrega real a los clientes, mientras cuidan de no reportar fechas incorrectas que perjudiquen el nivel de atención al cliente.

2.3 Fase III: ejecución y control

El método de validación para demostrar la efectividad de la solución diseñada será la simulación, la cual se desarrollará con el *software* Arena. Este programa proporciona tecnología para modelar el proceso de simulación y para optimizarlo. Asimismo, permite trabajar con grandes volúmenes de datos para medir el rendimiento del sistema y aumenta estadísticamente el conjunto de datos, lo cual hace, a su vez, los resultados más confiables. De esta forma, se analiza la eficiencia de los escenarios creados para mejorar la situación actual de un sistema.

3. RESULTADOS

Para armar el diagrama de flujo inicial (véase la Figura 6), se utilizó el módulo “create” para iniciar el flujo y definir el número de clientes que ingresan al sistema. El módulo “decide” definió el porcentaje de desabastecimiento con los datos de la empresa y la separación entre vehículos ya en tienda y los vehículos importados. Para cada actividad, se usó un módulo “process” en el que se definen la duración y los recursos utilizados. Los módulos de separar, agrupar y emparejar ayudan a separar el pedido del producto para generar procedimientos y ensamblar o separar lotes. La línea en la parte inferior del gráfico corresponde al proceso de reabastecimiento de *stock*, que ocurre mensualmente. Finalmente, se ajustan los parámetros y el número de recursos disponibles. Se desea que la simulación tenga una duración de un año, por lo que se ingresaron trescientos sesenta días en la “Replication Length”.

Una vez creado el flujo actual de la empresa, se ejecutó el modelo y se guardaron los resultados. Luego, se replicó el mismo modelo y se modificaron los datos afectados por la implementación de las herramientas (el porcentaje de desabastecimiento y el tiempo de entrega). Para el porcentaje de desabastecimiento, se reemplazó el 75 % por el 90 %, gracias a la herramienta de *machine learning*. Mientras tanto, el tiempo de entrega se redujo a un rango de cuarenta a sesenta días, debido al seguimiento en tiempo real que se llevaría a cabo a través del DT.

Después de ejecutar ambos modelos en Arena, se realizó un análisis de los resultados obtenidos. Para este proyecto, se destacan los indicadores que afectan directamente el aumento en los tiempos de entrega y los desabastecimientos.

- **Tiempo promedio de entrega.** Este indicador mide el tiempo total desde la entrada del cliente hasta la entrega del pedido, lo cual incluye los tiempos de entrega de vehículos que ya están en la tienda y de los vehículos importados. Se mide mediante la siguiente fórmula:

$$\text{tiempo promedio de entrega} = \text{tiempo de entrega del pedido} - \text{tiempo de entrada del cliente}$$

- **Tiempo promedio de importación.** Este indicador evalúa la variación del tiempo de entrega para vehículos ya en la tienda y para los importados:

$$\text{tiempo promedio de importación} = \text{tiempo estimado de llegada} + \text{tiempo de entrega del pedido}$$

- **Stock out.** Este indicador mide los pedidos que no pudieron completarse debido a la falta de *stock* de vehículos:

$$\text{stock out} = \text{número total de clientes} - \text{número de vehículos entregados}$$

- **Número de quejas.** Mide el nivel de quejas debido a tiempos de entrega que superan el rango óptimo:

$$\text{número de quejas} = \text{número de entregas que superan el rango de entrega óptimo}$$

Tabla 1

Indicadores de tiempo de entrega, desabastecimiento, número de vehículos entregados y nivel de quejas. Resultados de la simulación

Indicador	Modelo original	Modelo propuesto
Tiempo promedio de entrega (días)	46	56
Tiempo promedio de importación (días)	75	49
Desabastecimiento (unidades)	3979	1620
Desabastecimiento (%)	28,1 %	12,1 %

(continúa)

(continuación)

Indicador	Modelo original	Modelo propuesto
Número de vehículos entregados	10182	11792
Número de quejas	310	214

Para definir el impacto de la propuesta de mejora en los tiempos de entrega, se observan dos indicadores principales: el tiempo promedio total de entrega del pedido y el tiempo promedio de importación. El tiempo promedio de entrega se refiere a la duración de todo el proceso desde la entrada del cliente hasta la entrega del pedido. Esto incluye los tiempos de entrega de vehículos que ya están en la tienda y de vehículos importados. El tiempo promedio de importación obtenido del modelo original fue de setenta y cinco días, con un mínimo total de setenta días y un máximo de setenta y nueve días. Al implementar la herramienta del DT en el seguimiento de la empresa de envío, estos tiempos disminuyeron. Se observa que el tiempo promedio de entrega es más largo en la mejora; sin embargo, esto se debe a que se lograron más ventas y, por lo tanto, un mayor número de importaciones y tiempos totales.

Respecto a los desabastecimientos, se añadió un contador para indicar los pedidos que no pudieron completarse debido a la falta de *stock* de vehículos. Gracias a las herramientas *kanban* y de *machine learning*, se logró un cálculo de *stock* más preciso, lo que condujo a una reducción en el número de vehículos fuera de *stock* en el segundo modelo. Como se observa en la Tabla 1, el desabastecimiento en unidades se redujo significativamente de 3979 unidades fuera de *stock* a 1620. Esto llevó a que el porcentaje de desabastecimiento pasara del 28,10 % al 12,08 %. Esta cifra se calculó dividiendo las unidades fuera de *stock* por la diferencia entre los clientes en proceso y el número total de clientes que ingresaron al sistema. También, se incluye el número de vehículos entregados. Como se muestra en la Tabla 1, el número de vehículos aumentó en 1610. Finalmente, se comparó el nivel de quejas de ambos escenarios: se obtuvo una disminución significativa de 96 quejas al año. Esto se calculó con los tiempos que superaron el rango de entrega óptimo de nuevos vehículos a los clientes.

4. DISCUSIÓN

Para la evaluación económica del proyecto, primero se realizó un flujo de caja en el que se detallaba la inversión inicial del proyecto, los beneficios y los costos. La inversión inicial incluye gastos en *software* y capacitación, así como costos de infraestructura. Esto correspondió a un total de S/ 17 796,84. En cuanto a los beneficios, estos son el resultado de ahorros por la reducción de desabastecimientos y reclamaciones por tiempos de entrega excesivos. Los desabastecimientos se redujeron en 1021 vehículos para el año proyectado en el modelo de mejora simulado. Considerando que los resultados del proyecto se obtendrán progresivamente, se tomó un factor de crecimiento para estimar la recuperación de ventas perdidas debido a

desabastecimientos. Esta estimación se multiplica luego por el beneficio obtenido por vehículo para calcular el total de beneficios por el cumplimiento adicional de *stock*. Entre los beneficios también se incluyen ahorros en costos de mantenimiento y productos adicionales, debido a reclamaciones por tiempos de entrega. Se proyectó una reducción de ocho reclamaciones al mes, lo que se traduce en aproximadamente S/ 1700 ahorrados.

Para los costos, se consideró el salario total mensual del equipo de trabajo y el pago por horas extras que corresponden a las reuniones de seguimiento. Para llevar a cabo un monitoreo y control exitoso del proyecto, se deben realizar reuniones periódicas en las que se discuta el progreso del proyecto, comentarios de los colaboradores, desafíos, logros, etcétera. Durante los dos primeros meses habrá dos reuniones a la semana, mientras que para el resto estas serán quincenales. Finalmente, con los datos obtenidos se calculó el flujo de caja para los primeros seis meses del proyecto. De otro lado, mediante un costo de oportunidad de capital (COK), calculado en 9,77 %, se obtuvo el valor actual neto (VAN) tras la sustracción de la inversión. Se obtiene un VAN de S/ 616 636,45, un valor que, al ser un número positivo, muestra que la inversión en el proyecto es recomendable. Asimismo, se observa que la tasa interna de retorno (TIR) es del 279 %, una cifra muy por encima del COK, lo que significa que la inversión debe ser aprobada. Finalmente, con la relación de beneficio-costos (B/C), se puede identificar que habrá más beneficios en comparación con los costos, ya que su valor es mayor que la unidad (véase la Tabla 2).

Tabla 2

Indicadores económicos

Indicador	Valor
COK	9,77 %
VAN	S/ 616 636,45
TIR	279 %
B/C	S/ 73,86
Periodo de retorno	0,44

Después de tener el flujo de caja, se calcula el flujo de caja descontado y acumulado para obtener el periodo de retorno que corresponde al tiempo que toma recuperar la inversión inicial. Se comienza calculando el valor actual de la inversión que se pagará cada mes; este cálculo se realiza haciendo uso del COK previamente calculado, del valor del flujo de caja y el periodo. Usando estas cifras, se obtiene el flujo de caja acumulado. Debido a que el proyecto no requiere una gran inversión, el periodo de recuperación del proyecto es solo de catorce días, lo que corrobora su rentabilidad.

Para evaluar los indicadores del proyecto, la Tabla 3 presenta los resultados obtenidos después de haber realizado la simulación por Arena, que corresponden a los valores reales de la propuesta de mejora. Los indicadores del número de quejas debido a la entrega tardía de pedidos se pueden comparar para medir el tiempo de entrega a los clientes; el nivel de desabastecimientos; el tiempo de entrega de los pedidos importados; y, finalmente, el nivel de servicio entregado a los clientes.

Tabla 3
Tablero de indicadores clave de rendimiento (KPI)

Herramientas	KPI	Unidad	Actual	Esperado	Valores de literatura	Mejora	Real
DT	Número de quejas por tiempo de entrega	Cantidad	310	240	350-450	23 %	214
<i>Kanban Machine learning</i>	Nivel de agotamiento	Porcentaje	25 %	10 %	<12,3 %	15 %	12,08 %
DT	Tiempo de entrega de importación	Días	70	50	50	40 %	49,91
<i>Kaizen</i>	Nivel de servicio	Porcentaje	74,81 %	90 %	>95 %	15 %	86,33 %

En lo que respecta al sector marítimo, la tecnología del DT tiene el potencial de asegurar y mejorar la confiabilidad al proporcionar información en tiempo real y monitorear el estado general del buque, así como predecir posibles fallas y riesgos basados en datos históricos, lo cual permite optimizar la ruta del barco (Lee et al., 2022; Feng et al., 2023). De este modo, Marine Traffic cumple con los requisitos de ser un *software* adecuado para el seguimiento en tiempo real de importaciones por transporte marítimo de vehículos, ya que trabaja con tecnología DT y proporciona a la empresa un caso de estudio del tiempo exacto del viaje que realizará desde el puerto de origen hasta el destino final. La simulación dio como resultado una duración de importación de 49,91 días, lo que significa que no solo se encuentra dentro del rango de tiempo apropiado, sino que implica una mejora de este valor en aproximadamente un 40 %. Un DT en logística de importación es una herramienta poderosa que puede mejorar la eficiencia, la visibilidad y la gestión de riesgos en el proceso de traer bienes de un país a otro.

En segundo lugar, el uso de *kanban* y *machine learning* cumplió el objetivo de reducir el nivel de agotamiento de *stock* que la empresa tenía actualmente. Aunque se esperaba una mejora del 15 % para posicionar este indicador dentro de los estándares del sector, solo se logró una reducción del 12,92 %; el resultado es un nivel de agotamiento de *stock* del 12,08 %. Sin embargo, debido a la relación entre el nivel de servicio y el nivel de *stock*, se indica que un

nivel de inventario superior al 85 % puede satisfacer la demanda de ventas de los clientes, lo que logra un alto nivel de servicio. Un nivel de inventario inferior al 70 % llevaría a escasez y agotamiento de *stock*, lo que significa un bajo nivel de servicio. Por lo tanto, con la mejora implementada en la gestión de inventario mediante el uso de las herramientas propuestas, el objetivo de aumentar el nivel de servicio se abordaría correctamente.

Además, se analiza que tener el cálculo adecuado de los inventarios de vehículos puede servir para especificar la planificación de los pedidos que se realizarán a la marca fabricante para satisfacer la demanda. Ramos et al. (2020) destacan que las empresas deben implementar mejoras en la gestión de inventarios que las lleven a tener un mayor nivel de servicio, así como aumentar sus beneficios. Estos modelos de cálculo de la cadena de suministro se basan en la interacción de cuatro entidades: compras, inventario, distribución y requisitos del cliente. Asimismo, varios autores afirman que las mejoras en la gestión de inventarios conducen a un impacto positivo en la satisfacción del cliente, porque se centran en la calidad y en el nivel de servicio.

Sin embargo, hay otras causas raíz que impiden que este indicador se cumpla en el nivel óptimo. Factores externos, como la escasez de materiales para la fabricación de automóviles, como los chips, hacen que la marca fabricante no pueda cumplir correctamente con el plan de producción, que afecta el suministro de vehículos que proporcionan a sus marcas distribuidoras. La falta de disponibilidad de vehículos afecta directamente el cumplimiento de los pedidos, por lo que es necesario un plan adecuado para gestionar el inventario de bienes que se entregarán al cliente (Ramos et al., 2020).

Finalmente, el objetivo principal del proyecto era asegurar que las herramientas de gestión *lean* integradas con herramientas de la industria 4.0 funcionen como una propuesta adecuada para aumentar el nivel de servicio de la empresa importadora de vehículos. La Tabla 4 detalla los resultados cualitativos finales de los componentes. La aplicación de ambas herramientas permitió que el nivel de servicio aumentara del 74,81 % al 86,33 %, con lo cual se logró una mejora real del 11,52 %. Se analiza que este valor está muy influenciado por los agotamientos de *stock*, ya que esta fue la causa raíz más importante. La falta de seguimiento de la importación, en tiempo real, logró mejorar el tiempo de entrega de los vehículos, lo que también causó un impacto positivo en el nivel de servicio al cliente. Este nivel de servicio se calculó como:

$$100 \% - \% \text{ agotamiento de } \textit{stock} + \% \text{ quejas por tiempo de entrega}$$

$$100 \% - (12,08 \% + 1,6 \%) = 86,33 \% \quad (1)$$

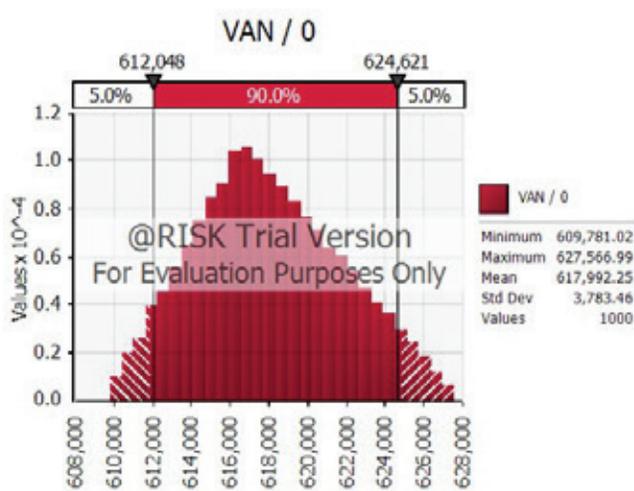
Tabla 4
Relación entre indicadores y persona encargada

Herramienta	Indicador	Persona a cargo	Cómo
DT	Número de reclamos por retraso de entrega de pedidos anual	Analista de gestión de la cadena	Mediante información actualizada y en tiempo real de las navieras, a través del <i>software</i>
<i>Kanban Machine learning</i>	Rotura de <i>stock</i>	Analista de gestión de la demanda y gerente de marca	Mediante la implementación de un sistema más preciso de proyección de demanda, sin error humano
DT	<i>Lead time</i> de importación	Analista de gestión de la cadena	Mediante la implementación de un <i>tracking</i> en tiempo real para las navieras
<i>Kaizen</i>	Nivel de servicio	Gerente de marca	Mediante la reducción de los reclamos por tiempo de entrega y el porcentaje de rotura de <i>stock</i>

Por otro lado, con los resultados de la evaluación económica, se analiza que la implementación del proyecto es económicamente viable bajo la interpretación de los criterios de VAN, TIR, B/C y el periodo de recuperación. Primero, el VAN es uno de los conceptos más importantes para determinar si el proyecto es adecuado para inversión o no. En este caso, resultó en un valor superior a cero: S/ 616 636. Asimismo, la TIR superó el COK y el B/C fue significativamente mayor que la unidad, lo cual garantizaba beneficios por cada unidad de inversión. Finalmente, los flujos mostraron valores positivos desde el primer periodo de análisis, por lo que el periodo de recuperación es inferior a un mes. Esto se debe a que la inversión total para el proyecto es considerablemente menor que los beneficios que se obtendrán de la implementación de la mejora. Esto ocurre porque la ganancia por cada nueva venta o recuperada de agotamiento de *stock* tiene un gran valor, lo cual impacta positivamente en los resultados generales del proyecto. Asimismo, los recursos necesarios no tienen un gran costo, lo que hace que esta mejora sea una inversión rentable.

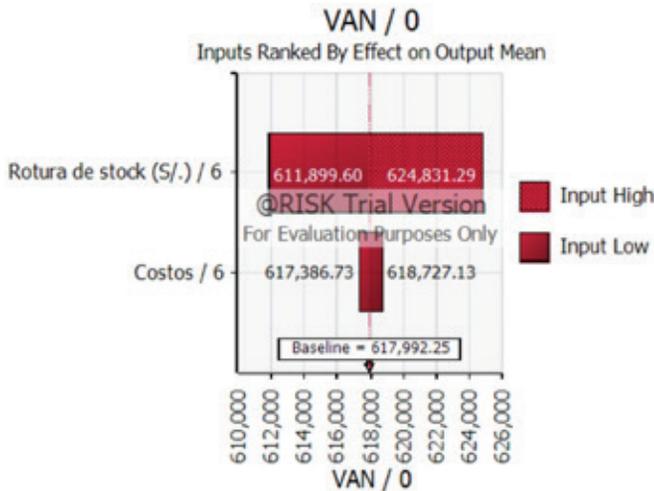
Adicionalmente, a partir de los resultados obtenidos en el análisis de sensibilidad realizado mediante una simulación de riesgo en @Risk, la Figura 7 indica que el proyecto será viable porque el VAN resultará en cualquier escenario mayor que cero. Este valor varía entre 609 781 y 627 556 en los escenarios más optimistas. El promedio de este análisis fue de 617 992, que está muy cerca del VAN obtenido en el flujo económico.

Figura 7
Gráfico de la variable VAN en @Risk



Además, en el gráfico tornado proporcionado por el simulador (véase la Figura 8), se visualiza el efecto de cada variable de entrada sobre el VAN. Para el caso de estudio realizado, los ingresos por recuperación de ventas debido a agotamientos de *stock* generan la mayor variación en el VAN, lo cual demuestra que tienen la mayor influencia en el proyecto. Los cambios en esta variable en diferentes escenarios hicieron que el VAN fluctuara entre 611 899 y 624 831. En contraste, el costo de capacitación solo resultó en valores de VAN de entre 617 386 y 618 727, lo cual sugiere que la variación en esta variable no afecta significativamente el VAN, en comparación con los ingresos por ventas recuperadas. En cuanto a la tercera variable, los ahorros adicionales en costos por reclamos, @Risk no mostró valores de VAN, porque las variaciones en los parámetros de esta variable no causan un impacto significativo en él. Esto se debe a que es mucho menor en cantidad, en comparación con los ingresos generados por la primera variable.

Figura 8
Gráfico tornado de variables en @Risk



5. CONCLUSIONES

Se concluye que el uso de herramientas de gestión *lean*, integradas con las de la industria 4.0, como DT, *kanban* y *machine learning*, es una propuesta ideal para mejorar el nivel de servicio de una empresa importadora y comercializadora de automóviles. La implementación de estas herramientas permitió a la empresa alcanzar un nivel de servicio del 86,33 %, con lo cual se obtuvo una mejora del 11,52 %. Además, el uso de la herramienta VSM es apropiado para desarrollar el diagnóstico de la situación problemática identificada en la empresa del sector automotriz, ya que permite una observación más clara de las diferentes variables y las oportunidades de mejora en cada uno de los pasos del proceso logístico.

En relación con el primer problema identificado, se observó una disminución en el número de quejas por retrasos en los pedidos de entrega. Gracias a la herramienta del DT, y a la información en tiempo real que proporciona, se registró un total de 214 quejas, lo cual implica una disminución de la cantidad original en un 30 %. Tanto las herramientas de *kanban* como de *machine learning* demostraron ser útiles en la reducción de los niveles de agotamiento de *stock*, al ejecutar un mejor control del inventario y producir una proyección de demanda más precisa, lo que brinda como resultado una disminución del 12,08 %.

REFERENCIAS

- Alexandru, M., Dragoş, C., & Bălă-Constantin, Z. (2022). Digital twin for automated guided vehicles fleet management. *Procedia Computer Science*, 199, 1363-1369. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.172>
- Alumbugu, P. O., Winston, S., & Saidu, I. (2021). Assessing construction material manufacturers' warehouse processes from a customer satisfaction perspective. *Journal of Transport and Supply Chain Management*, 15(3), a529. <http://dx.doi.org/10.4102/jtscm.v15i0.529>
- Daine, T., Winnington, T., & Head, P. (2011). Transition from push to pull in the wholesale/retail sector: lessons to be learned from lean. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 8(2), 214-232.
- Feng, H., Lv, H., & Lv, Z. (2023). Resilience towards digital twins to improve the adaptability of transportation systems. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 173, Artículo 103686.
- Florescu, A., & Barabas, S. (2022). Development trends of production systems through the integration of lean management and industry 4.0. *Applied Sciences*, 12(10), Artículo 4885. <https://doi.org/10.3390/app12104885>
- Genzlinger, F., Zejnilovic, L., & Bustinza, O. F. (2020). Servitization in the automotive industry: How car manufacturers become mobility service providers. *Strategic Change*, 29(2), 215-226. <https://doi.org/10.1002/jsc.2322>
- Ghouat, M., Haddout, A., & Benhadou, M. (2021). Impact of industry 4.0 concept on the levers of lean manufacturing approach in manufacturing industries. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 18(1), 8523-8530. <https://doi.org/10.15282/ijame.18.1.2021.11.0646>
- Hines, P., Rich, N., Bicheno, J., Brunt, D., Taylor, D., Butterworth, C., & Sullivan, J. (1998). Value stream management. *The International Journal of Logistics Management*, 9(1), 25-42. <https://doi.org/10.1108/09574099810805726>
- Kang, Y., & Gershwin, S. B. (2005). Information inaccuracy in inventory systems: Stock loss and stockout. *IIE Transactions*, 37(9), 843-859. <https://doi.org/10.1080/07408170590969861>
- Kroes, J. R., Manikas, A. S., & Gattiker, T. F. (2018). Operational leanness and retail firm performance since 1980. *International Journal of Production Economics*, 197, 262-274. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.01.006>
- Kudelska, I., Kosacka, M., & Lewandowska, K. W. (2017). How to support storage process in dismantling facility with IT solutions?—case study. *Procedia Manufacturing*, 11, 703-710.

- Kudelska, I., & Niedbał, R. (2020). Technological and organizational innovation in warehousing process—research over workload of Staff and efficiency of picking stations. *Business Administration and Management*, 23(3), 67-81. <https://doi.org/10.15240/tul/001/2020-3-005>
- Kusrini, E., Novendri, F., & Helia, V. N. (2018). Determining key performance indicators for warehouse performance measurement—a case study in construction materials warehouse. En *MATEC Web of Conferences* (vol. 154, p. 01058). EDP Sciences.
- Lee, J.-H., Nam, Y.-S., Kim, Y., Liu, Y., Lee, J., & Yang, H. (2022). Real-time digital twin for ship operation in waves. *Ocean Engineering*, 266(2), Artículo 112867. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.112867>
- Marques, P. A., Jorge, D., & Reis, J. (2022). Using lean to improve operational performance in a retail store and e-commerce service: A Portuguese case study. *Sustainability*, 14(10), Artículo 5913. <https://doi.org/10.3390/su14105913>
- Martins, R., Pereira, M. T., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Silva, F. J. G. (2020). Warehouse operations logistics improvement in a cork stopper factory. *Procedia Manufacturing*, 51, 1723-1729. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.240>
- Oliveira, M. S., Moreira, H. D. A., Alves, A. C., & Ferreira, L. P. (2019). Using lean thinking principles to reduce wastes in reconfiguration of car radio final assembly lines. *Procedia Manufacturing*, 41, 803-810. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.09.073>
- Plapper, P., Oberhausen, C., & Minoufekar, M. (2018). Application of value stream management to enhance product and information flows in supply chain networks – Based on the example of web-based automotive retail business. *Management and Production Engineering Review*, 9(2), 13-19. <https://doi.org/10.24425/119521>
- Rahayu, P. C., & Tjandera, T. (2022). ERP system synergizes company resources to achieve excellence. En Institute of Electrical and Electronics Engineers (Ed.), *2022 1st International Conference on Technology Innovation and Its Applications. Towards holistic computing: A synergy for developing better future innovative technologies* (pp. 1-6). IEEE Computer Society. <https://doi.org/10.1109/ICTIIA54654.2022.9935987>
- Ramos, E. D., Pettit, T. J., Flanigan, M., Romero, L., & Huayta, K. (2020). Inventory management model based on lean supply chain to increase the service level in a distributor of automotive sector. *International Journal of Supply Chain Management*, 9(2), 113-131.
- Rother, M., & Shook J. (2003). *Learning to see: Value-stream mapping to create value and eliminate muda*. The Lean Enterprise Institute.

- Santos, B. P., Valle Enrique, D., Maciel, V. B. P., Miranda Lima, T., Charrua-Santos, F., & Walczak, R. (2021). The synergic relationship between industry 4.0 and lean management: Best practices from the literature. *Management and Production Engineering Review*, 12(1), 94-107. <https://doi.org/10.24425/mper.2021.136875>
- Sezen, B., & Turkkantos, S. (2013). The effects of relationship quality and lean applications on buyer-seller relationships. *International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling*, 5(4), 378-400. <https://ideas.repec.org/a/ids/ijbpsc/v5y2013i4p378-400.html>
- Shah S., Naghi Ganji, E., & Coutroubis, A. (2017). Lean production practices to enhance organizational performance. *MATEC Web of Conferences*, 125(9), Artículo 02003. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201712502003>
- Škerlič, S., & Muha, R. (2017). Reducing errors in the company's warehouse process. *Transport problems*, 12(1), 83-92. <https://doi.org/10.20858/tp.2017.12.1.8>
- Tuesta, V., Viacava, G., & Raymundo, C. (2019, 24-26 de julio). Lean model of service to increase the attention span of an automotive workshop [Presentación de escrito]. *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology. Industry, Innovation, and Infrastructure for Sustainable Cities and Communities*, Jamaica. <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.151>
- Vandermerwe, S., & Rada, J. (1988). Servitization of business: Adding value by adding services. *European Management Journal*, 6(4), 314-324. [https://doi.org/10.1016/0263-2373\(88\)90033-3](https://doi.org/10.1016/0263-2373(88)90033-3)
- Vasudevan, A., Hai Sam, T., Raman, A., Ratanakvisal, Fei, Z., & Ng, C.-P. (2022). The effective implementation of the 5s concept on the performance: A case study of a manufacturing company in Malaysia. *International Journal on Global Business Management and Research*, 11(1), 26-39. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.6956027>

Aplicación de *six sigma* para incrementar la calidad del servicio en un restaurante

Martin García-Blásquez Carrillo

<https://orcid.org/0009-0008-5969-4584>

Carrera de Ingeniería Industrial

Universidad de Lima, Perú

20151910@aloe.ulima.edu.pe

Yasser Luren Ccoyllo Veneros

<https://orcid.org/0000-0001-5147-8512>

Carrera de Ingeniería Industrial

Universidad de Lima, Perú

20192586@aloe.ulima.edu.pe

Edilberto Miguel Ávalos-Ortecho

<https://orcid.org/0000-0003-0939-634X>

Carrera de Ingeniería Industrial

Universidad de Lima, Perú

eavalos@ulima.edu.pe

Recibido: 26 de julio del 2024 / Aceptado: 29 de agosto del 2024

Publicado: 25 de abril del 2025

doi: <https://doi.org/10.26439/ciii2024.7790>

RESUMEN. Un problema recurrente en la industria de los restaurantes es la calidad del servicio, especialmente la demora en la entrega de pedidos. Este estudio tiene como objetivo mejorar la calidad del servicio en un restaurante, reduciendo el tiempo de atención, mediante la metodología *six sigma*. Se utilizó el cuestionario Servqual para evaluar la calidad del servicio, y los resultados revelaron una satisfacción del cliente del 81,05 %. Se cronometró el tiempo de elaboración de pedidos y se registró en un mapeo del flujo del valor (VSM, por sus siglas en inglés), encontrándose un promedio de 33 minutos. Se realizó una carta de control en el *software* Minitab, que arrojó valores de C_p y C_{pk} de 0,83 y 0,71, respectivamente. Tras

estandarizar los procedimientos de cocina, el tiempo de servicio se redujo en un 16,72 %, con un nuevo promedio de veinte minutos. Dicha mejora incrementó los valores de Cp y Cpk a más de 1,33. Después de implementar estas herramientas y realizar una simulación en el *software* Arena, un segundo cuestionario Servqual indicó que la calidad del restaurante mejoró en un 7,24 %, alcanzando un 88,29 % de satisfacción.

PALABRAS CLAVE: *six sigma*, calidad de servicio, Servqual, tiempo de espera, sector de restaurantes

APPLICATION OF SIX SIGMA TO ENHANCE SERVICE QUALITY IN A RESTAURANT

ABSTRACT. A recurring problem in the restaurant industry is the quality of service, particularly delays in order delivery. This study aims to improve service quality in a restaurant by reducing service time using the Six Sigma methodology. The Servqual questionnaire was used to assess service quality, revealing a customer satisfaction rate of 81,05 %. The time taken to prepare orders was measured and recorded in a VSM, indicating an average of 33 minutes. A control chart was created in Minitab software, showing Cp and Cpk values of 0,83 and 0,71, respectively. After standardizing kitchen procedures, service time was reduced by 16,72 %, with a new average of 20 minutes. This improvement increased the Cp and Cpk values to over 1,33. Following the implementation of these tools and a simulation in Arena software, a second Servqual questionnaire indicated that the restaurant's service quality improved by 7,24 %, reaching 88,29 % customer satisfaction.

KEYWORDS: six sigma, service quality, Servqual, waiting time, restaurant industry

1. INTRODUCCIÓN

La calidad es crucial para el éxito en la industria de restaurantes. Ofrecer un servicio de alta calidad es vital para atraer y fidelizar clientes, y para asegurar la competitividad y rentabilidad de una empresa (Lupo & Bellomo, 2019) y el éxito financiero a largo plazo (Marković et al., 2010). Evaluar la calidad del servicio es complejo, ya que implica considerar tanto el resultado final como el proceso de entrega. Un problema común es la discrepancia entre la calidad esperada y la percibida por los clientes. Frecuentemente, la calidad del servicio se evalúa como la discrepancia entre la expectativa del cliente y su percepción de la experiencia recibida, siendo el modelo Servqual uno de los métodos más utilizados (Mikhailov & Pefok, 2010).

Se ha identificado que el principal problema del restaurante investigado es la baja calidad del servicio. El cuestionario Servqual reveló que la dimensión de sensibilidad muestra la mayor insatisfacción, especialmente en el ítem S2, en el que el 54,05 % de los clientes considera que la preparación de alimentos es lenta. Según el Ministerio de Salud (2012), en su *Guía Técnica para la Evaluación de la Satisfacción del Usuario Externo*, si la insatisfacción supera el 40 %, es necesario reestructurar el servicio. El ítem S2 presenta una brecha del 14,05 % con respecto a ese estándar. Se compararon los resultados del cuestionario Servqual con datos históricos y un cuestionario del año 2023 mostró que el 55,65 % de 115 clientes estaba insatisfecho con el tiempo de espera, lo cual corrobora estos hallazgos.

Uno de los indicadores clave del estudio es la satisfacción del cliente con respecto al tiempo de entrega de pedidos. Los investigadores Chen y Chen (2015) aplicaron *six sigma* en un restaurante, y lograron mejorar la satisfacción del cliente y reducir los tiempos de espera. Identificaron la elaboración de pedidos como el proceso crítico a mejorar. Usando una tabla de frecuencias y un diagrama de Pareto, determinaron que el principal problema era el tiempo de espera prolongado, con un 42,50 % de quejas. Un cuestionario reveló que el 47,18 % de los clientes esperaba entre 21 y 40 minutos para sus pedidos, y solo aproximadamente el 50 % estaba satisfecho.

Para abordar el problema, Chen y Chen (2015) utilizaron un diagrama de causa y consecuencia, estandarizaron procedimientos en la cocina y ajustaron métodos de producción. Esto redujo el porcentaje de clientes que esperaban entre 21 y 40 minutos del 47,18 % al 35,39 %. Como resultado, el 64,61 % de los clientes esperó veinte minutos o menos, mejorando significativamente el proceso de atención. Un nuevo cuestionario mostró que la satisfacción aumentó al 70 %, mejorando un 20 % respecto del 50 % inicial.

Otro indicador clave es el tiempo de espera del cliente para recibir su pedido. Cerón (2020) utilizó la metodología *six sigma* para reducir los tiempos de servicio. Usando herramientas como mapa de procesos y VSM, identificó la atención al cliente como el proceso clave a mejorar. Diagnosticó altos tiempos en la elaboración de pedidos que no agregan valor. Al aplicar el modelo Servqual, determinó que el 27 % de los clientes no estaba satisfecho con el

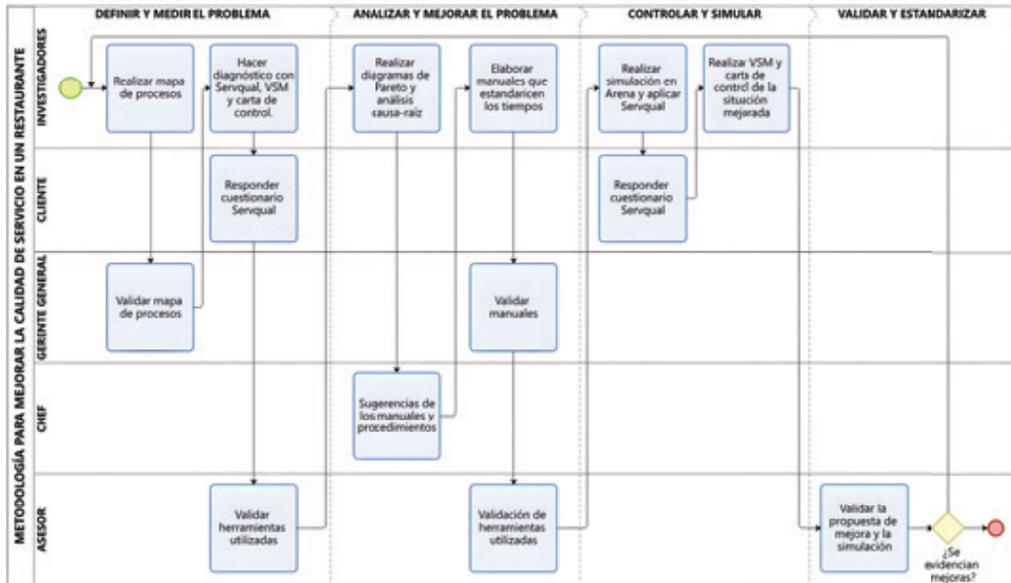
tiempo de espera. Además, un cronometraje mostró que, en promedio, el cliente esperaba 38 minutos para recibir su pedido, lo cual se considera un tiempo prolongado. Tras estandarizar los tiempos en la preparación de pedidos, se redujo el tiempo de espera a 29 minutos, mejorando un 23,68 %.

El objetivo principal de esta investigación es mejorar la calidad del servicio en el restaurante objeto de estudio. Basándonos en el estado del arte, se espera que la estandarización de los procedimientos en la cocina reduzca el tiempo de espera en al menos un 23,68 % (Cerón, 2020) y que la satisfacción del cliente aumente en aproximadamente un 24,05 % y alcance al menos un 70 % (Chen & Chen, 2015). Por ello, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿de qué manera contribuye la metodología *six sigma* a la mejora de la calidad del servicio en un restaurante? La hipótesis formulada sostiene que la implementación de *six sigma* y sus herramientas reducirá los tiempos de espera de los clientes, lo que a su vez incrementará su satisfacción y contribuirá a mejorar la calidad del servicio.

2. METODOLOGÍA

La metodología se organiza en cuatro etapas según el enfoque de *six sigma*, que emplea el modelo DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar, controlar) (Macías Cevallos & Naranjo Vargas, 2021). La primera etapa se centra en el diagnóstico y la medición del problema. La segunda etapa se dedica al análisis del problema y a la mejora de la calidad del servicio y del proceso de atención al cliente. La tercera etapa se enfoca en controlar las mejoras implementadas y en realizar la simulación con el *software* Arena y la herramienta "Input Analyzer". Finalmente, la cuarta etapa se orienta hacia la validación de la solución propuesta y la simulación. La Figura 1 ilustra la metodología y las herramientas empleadas en cada una de las fases del modelo DMAIC mediante el *software* Bizagi.

Figura 1
Metodología de la investigación



2.1. Definir y medir el problema

Como se muestra en la Figura 1, el proceso metodológico comienza con el diagnóstico del problema de la empresa, que se realiza mediante el análisis de un cuestionario sobre la calidad del servicio. Este cuestionario fue completado por 115 clientes del restaurante en el 2023, lo que reveló que el 55,65 % estaba insatisfecho con el tiempo de espera del servicio. En esta etapa, se elabora un mapa de procesos para identificar los procedimientos involucrados en el restaurante. Posteriormente, se aplica un cuestionario Servqual para evaluar la calidad del servicio. Dicho cuestionario mide la percepción y expectativas de los clientes en relación con 22 ítems distribuidos en cinco dimensiones establecidas, utilizando una escala Likert de 1 a 7 (Matsumoto, 2014). En esta escala, 1 indica completo desacuerdo y 7 representa completo acuerdo por parte del cliente (Jemes Campaña et al., 2019). Para realizar el cuestionario, se calculó el tamaño de la muestra con base en el número total de clientes que visitaron el restaurante durante el año 2023, que fue de 13 512. El tamaño de la muestra se calcula con la siguiente fórmula estadística (Millones et al., 2017):

$$TEM = \frac{NP(1 - P)}{(N - 1)D + P(1 - P)}$$

$$D = \left(\frac{E}{Z}\right)^2$$

En la etapa de medición del problema, se organizan y procesan los resultados del cuestionario. Es necesario realizar una visita al restaurante para cronometrar el proceso de atención al cliente y los tiempos de preparación del pedido más solicitado. Con esta información, se recopilan los datos necesarios para desarrollar la herramienta VSM de la situación actual, la cual permite visualizar el flujo de preparación del pedido. También, se elabora una carta de control para calcular los valores de Cp y Cpk, con el fin de verificar si superan el valor de 1,33 (Borucka et al., 2023) y evaluar si la capacidad del proceso es aceptable.

2.2. Analizar y mejorar el problema

En la etapa de análisis del problema, se utilizan diagramas de Pareto y el análisis de causa-raíz para identificar las principales causas de la baja calidad del servicio. En la etapa de mejora, se elaboraron manuales para estandarizar los tiempos de preparación de un plato específico, con base en los conocimientos y sugerencias del personal de cocina, así como en una revisión de la literatura.

Se destaca la investigación de Laird (2022), que expone los estándares y elementos recomendados para el diseño y la transmisión de la información requerida en una receta de cantidad estandarizada.

2.3. Controlar y simular

En la etapa de simulación, se utiliza el *software* Arena para modelar y comparar los indicadores clave de la situación actual y la mejorada. Es crucial determinar el número óptimo de réplicas para obtener intervalos de confianza precisos y con menor amplitud, lo que garantiza resultados más ajustados. Para calcular el número de réplicas a partir del *half-width* de una muestra preliminar, se emplea la siguiente fórmula (Torres Vega, 2013):

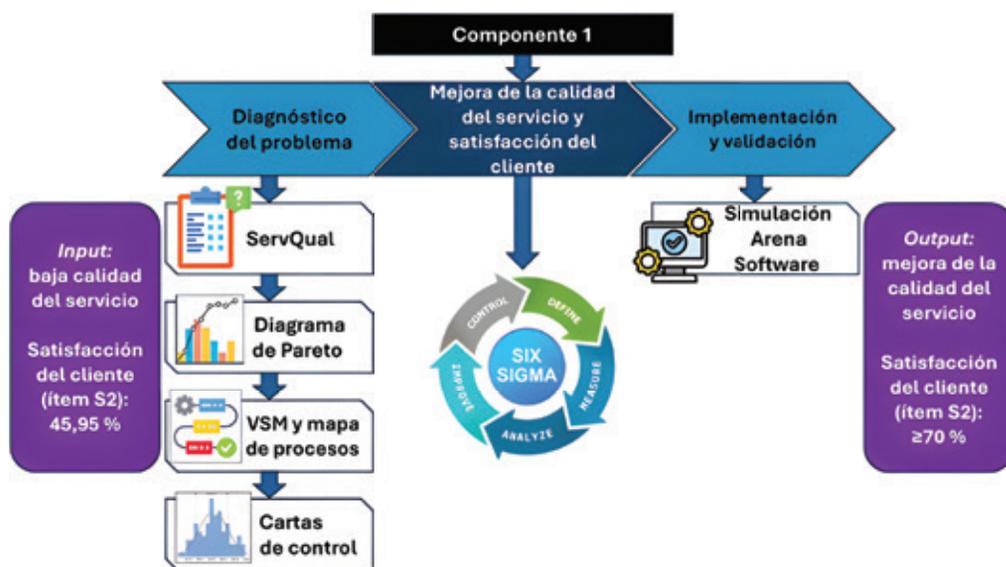
$$N = n \left(\frac{h_0}{e} \right)^2$$

Para simular el modelo actual, se identificaron diez variables del proceso de elaboración del *risotto*, el plato más solicitado. Se realizó un estudio de tiempos con una muestra piloto de cien mediciones por variable y se calcularon las desviaciones estándar. Con estos datos, se determinó el tamaño de muestra necesario para cada variable. Cuando este tamaño superaba los cien datos, se usaron generadores de números aleatorios en Excel. Los datos se ingresaron en "Input Analyzer" y se verificó que el valor p en las pruebas de chi-cuadrado y de Kolmogorov-Smirnov fuera $\geq 0,05$ (Gandica de Roa, 2020). La Tabla 1 ubicada en la sección de resultados, muestra las distribuciones estadísticas validadas e ingresadas en el *software* Arena. A partir de

la elaboración de los manuales realizada en la etapa de mejora, se simuló el modelo sugerido con los tiempos estandarizados, detallados en la Tabla 2. Posteriormente, se compararon los indicadores clave en ambos escenarios.

En la etapa de control, se aplica un segundo cuestionario Servqual para corroborar las mejoras en la calidad del servicio. Posteriormente, tras la implementación de la estandarización de los procedimientos en la cocina, se elabora un VSM y una carta de control. Los resultados obtenidos se comparan con los resultados esperados según las investigaciones de Chen y Chen (2015) y Cerón (2020). Por otro lado, en la Figura 2 se presenta el modelo macro de la propuesta de solución.

Figura 2
Modelo macro de la propuesta de solución



En el modelo macro se detallan con precisión los elementos de entrada y salida, los cuales representan el desafío al que se enfrenta la empresa y el resultado esperado tras la implementación de la solución. El elemento de entrada del modelo es el problema de la baja calidad del servicio, mientras que el elemento de salida es el aumento de dicha calidad, con el objetivo de alcanzar al menos un 70 % de satisfacción del cliente, tal como lo establecen Chen y Chen (2015). Asimismo, se describen las herramientas utilizadas para diagnosticar y definir el problema, entre las cuales se incluyen el modelo Servqual, el diagrama de Pareto, la herramienta *value stream mapping*, un mapa de procesos y una carta de control. El componente 1 del modelo consiste en la aplicación de *six sigma*, siguiendo la metodología DMAIC. Finalmente, se lleva a cabo la simulación en el *software* Arena.

3. RESULTADOS

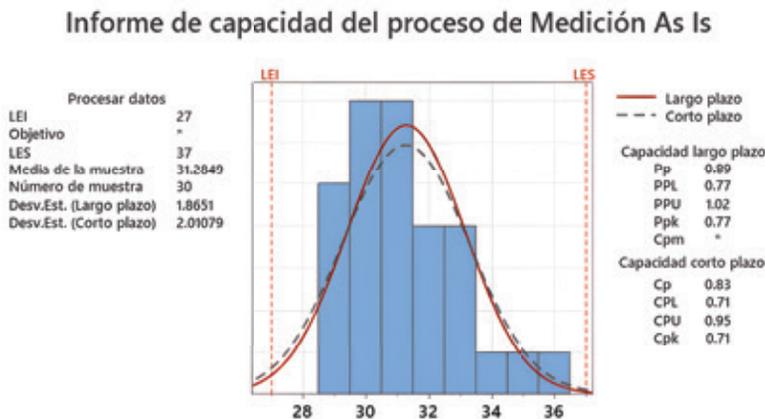
3.1. Definir y medir el problema

Para determinar el tamaño de muestra requerido para el cuestionario Servqual se utilizó la fórmula especificada en la metodología, y se consideró una población de 13 512 personas, con una probabilidad de ocurrencia de 0,95, un error de 0,05, un nivel de significancia de 0,05, un nivel de confianza de 0,95, y un valor de la normal estándar de 1,95 (Villaruel del Pino, 2021). Con estos parámetros, se determinó que la muestra necesaria para el cuestionario debía considerar 74 clientes.

$$TEM = \frac{13512 * 0,95(0,05)}{(13512 - 1)0,0006508 + 0,95(0,05)} = 74$$

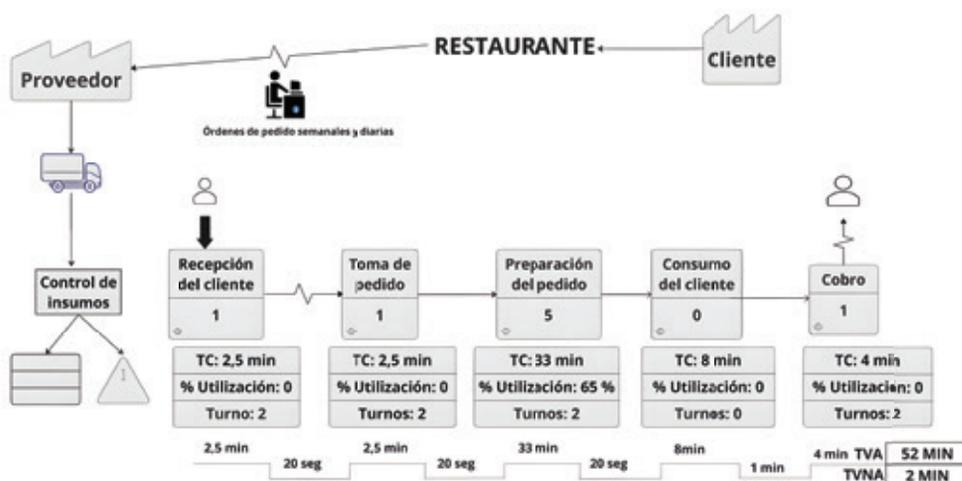
Para elaborar la carta de control del modelo actual, se cronometraron treinta observaciones del tiempo de elaboración del plato específico. Estos datos se ingresaron en el *software* Minitab, que proporcionó los valores de Cp y Cpk. Un $Cp < 1$ indica capacidad insuficiente; $1 \leq Cp < 1,33$ sugiere capacidad aceptable; y $1,33 \leq Cp < 1,67$ denota capacidad suficiente. Un valor mayor de Cp refleja una mejor calidad del proceso (Kashif et al., 2016). Para alcanzar un nivel de calidad de 6σ , se requiere un $Cp = 2$ (Li, 2021). Al ingresar los treinta datos en el *software* Minitab, el restaurante obtuvo un Cp de 0,83 y un Cpk de 0,71, como se ilustra en la Figura 3. Estos valores, al ser inferiores a 1,33, indican que el proceso no cumple con los estándares de capacidad debido a la alta variabilidad en los tiempos de preparación, lo que sugiere un incumplimiento de las especificaciones del cliente.

Figura 3
Carta de control as is (modelo actual)



La herramienta VSM permite analizar los recursos, la utilización y los turnos del personal en cada etapa del proceso operativo de una empresa (Porrás et al., 2023). En la Figura 4, que muestra el VSM actual de la empresa, se observa que el proceso de recepción y toma de pedidos tiene un tiempo de ciclo (TC) de 2,5 minutos, con una utilización del 0 %, y se realiza con un mozo en dos turnos. La preparación del pedido, con un TC de 33 minutos y una utilización del 65 %, es realizada por cinco cocineros en dos turnos. El consumo tiene un TC de treinta minutos. El cobro, con un TC de cuatro minutos y sin utilización, lo maneja el personal de atención al cliente. El tiempo total de valor agregado (TVA) es de 52 minutos y el de no valor agregado (TVNA) es de dos minutos, lo que señala oportunidades para mejorar la eficiencia.

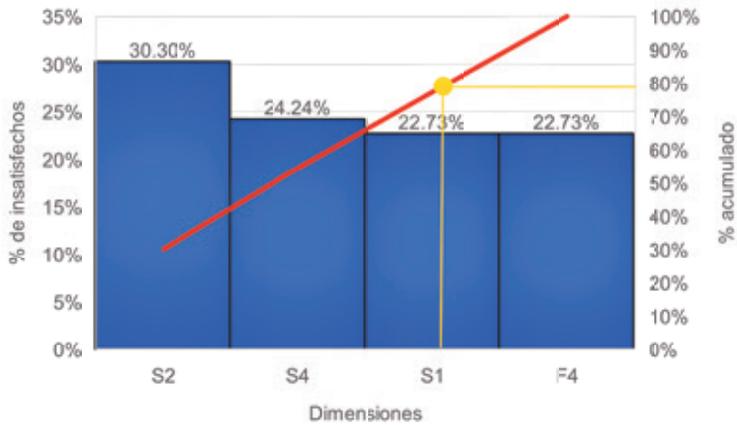
Figura 4
VSM as is (modelo actual)



3.2. Analizar y mejorar el problema

Al analizar el cuestionario Servqual, se observa que los cuatro ítems con mayor porcentaje de clientes insatisfechos corresponden a tres ítems de la dimensión de sensibilidad (S1: 40,54 %, S2: 54,05 % y S4: 43,24 %) y uno de la dimensión de fiabilidad (F4: 40,54 %). Con base en estos datos, se utilizó un diagrama de Pareto para identificar las causas prioritarias a ser abordadas para mejorar la calidad del servicio. La Figura 5, que presenta el diagrama de Pareto, muestra que el ítem S2 tiene el mayor porcentaje de clientes insatisfechos. De acuerdo con el principio de Pareto 80/20, se determinó que se deben priorizar tres ítems principales, todos pertenecientes a la dimensión de sensibilidad, ya que representan aproximadamente el 80 % de las causas que contribuyen al problema (Zhu, 2022).

Figura 5
Diagrama de Pareto



En el desarrollo de los manuales destinados a estandarizar los tiempos de preparación del plato específico, se logró una reducción de los tiempos en aquellos procedimientos críticos en los que se identificaron oportunidades de mejora. Los procedimientos previos a la estandarización para la elaboración de dicho producto están detallados en la Tabla 1. En cuanto a la estandarización del procedimiento para la cocción del arroz, el cual era el más prolongado con un tiempo uniforme de entre 20 y 22 minutos, se decidió reemplazar el arroz crudo por arroz precocido. Este insumo resulta significativamente más rápido de cocinar que el arroz crudo, manteniendo sus características nutricionales en términos de proteínas, grasas y minerales (Colina & Guerra, 2009).

Adicionalmente, se optó por incorporar ollas arroceras digitales en el procedimiento. Belén Medina et al. (2021), quienes evaluaron la eficiencia energética de distintos métodos de cocción del arroz, encontraron que la cocción en ollas arroceras eléctricas permite un ahorro de entre 35 % y 40 % en comparación con el método tradicional. Por consiguiente, para dicho procedimiento se utiliza una olla arrocera digital equipada con tecnología de lógica difusa, la cual imita la toma de decisiones humanas pero que funciona con mayor rapidez en situaciones de incertidumbre (Salazar Cardenas, 2019). Esta tecnología proporciona a la olla capacidades de inteligencia artificial, permitiéndole ajustar automáticamente la temperatura y el tiempo de cocción para asegurar una preparación óptima del arroz. Además, la olla cuenta con un temporizador que permite la programación automática de apagado, lo cual reduce el tiempo de cocción del arroz a un intervalo uniforme de 14 a 16 minutos, como se muestra en la Tabla 2.

Por otro lado, en los procedimientos realizados manualmente, como cortar y rallar ingredientes (cebolla y queso, por ejemplo), se ha optado por incorporar nuevas tecnologías. De acuerdo con los investigadores Aditya Pratap et al. (2020), el corte manual de vegetales sigue

siendo común en numerosos restaurantes. No obstante, señalan que, aunque existen máquinas cortadoras de vegetales semiautomáticas, estas presentan desventajas, como su alto costo, la necesidad de mano de obra y la lentitud en la operación debido a la intervención manual requerida. Por esta razón, se ha implementado un cortador eléctrico de titanio que permite cortar automáticamente diversos insumos como frutas, vegetales, quesos y panes, agilizando los procedimientos y reduciendo el tiempo de preparación.

En cuanto al lavado de insumos, como el de la cebolla antes de su corte, que se realiza de manera manual en el restaurante, los investigadores Minh et al. (2020) señalan que el lavado manual es el método de limpieza más simple, pero está diseñado principalmente para hogares o empresas muy pequeñas en la industria alimentaria. Para empresas de tamaño mediano, como pequeños productores de verduras o restaurantes, se requiere un sistema de lavado mecánico. Estas empresas necesitan una lavadora mecánica de tamaño intermedio que permita limpiar de manera rápida y eficaz una variedad de frutas y verduras. Por ello, se optó por incorporar una lavadora automática multifuncional, que reemplaza el trabajo manual y acelera el proceso de lavado de alimentos, estandarizando así el procedimiento. La adopción de insumos precocidos y la incorporación de nuevas tecnologías automáticas han permitido una reducción y estandarización de los tiempos de los procedimientos para la preparación del plato, los cuales se detallan en la Tabla 2.

3.3. Controlar y simular

Al introducir los datos del estudio de tiempos realizado en el restaurante en el *software* Arena (herramienta “Input Analyzer”), no se obtuvo evidencia estadística para rechazar la hipótesis propuesta acerca de la distribución que mejor modela el conjunto de datos. En la Tabla 1 se presentan las distribuciones estadísticas que fueron validadas y posteriormente ingresadas en el *software* Arena. Empleando las distribuciones estadísticas mencionadas, se desarrolló un modelo en el *software* Arena que refleja la situación actual de la empresa. La Figura 6 muestra este modelo.

Tabla 1

Datos de entrada validados por "Input Analyzer" (modelo actual)

Variables	Distribuciones
Tiempo para colocar el arroz en agua y dejar hervir	UNIF (1,3) minutos
Tiempo para la cocción del arroz	UNIF (20,22) minutos
Tiempo para iniciar hervor del agua	UNIF (5,8) segundos
Tiempo de hervor del agua	UNIF (5,6) minutos

Variables	Distribuciones
Tiempo para agregar hongos	UNIF (6,8) segundos
Tiempo para lavar cebolla	UNIF (4,8) minutos
Tiempo para cortar cebolla	UNIF (4,8) minutos
Tiempo para rallar queso	UNIF (4,8) minutos
Tiempo para preparar mantequilla	UNIF (1,4) minutos
Tiempo para hacer la mezcla	UNIF (4,7) minutos

Para determinar el número óptimo de réplicas en la simulación y utilizando la fórmula especificada en la metodología, se emplearon los siguientes datos en la fórmula previamente mencionada: 120 ejecuciones iniciales ($n = 120$), el *half-width* obtenido ($h_0 = 2,6635$) y el *half-width* deseado ($e = 2,4909$) (Rossetti, 2021). La fórmula indicó que el número óptimo de réplicas es 137.

$$N = n \left(\frac{h_0}{e} \right)^2 = 30 \left(\frac{4,9817}{2,4909} \right)^2 = 120$$

En la Figura 7 se presenta el informe con los indicadores obtenidos tras la ejecución de la simulación. Estos son los indicadores oficiales que reflejan la situación actual de la empresa y que se pretende mejorar mediante la implementación de la metodología *six sigma*.

Figura 7
Indicadores del modelo actual

Output Summary for 137 Replications					
Project: Unnamed Project			Run execution date : 5/21/2024		
Analyst: desconocido			Model revision date: 5/21/2024		
Identifiier	OUTPUTS				
	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Total clientes satisfechos	34.299	1.4714	16.000	57.000	137
Tiempo de preparacion plato	33.445	.52075	29.061	44.558	137
Total clientes insatifechos	37.124	2.4095	5.0000	69.000	137
Tiempo necesario para atender	626.65	1.7345	610.14	687.04	137

En la etapa de mejora, se elaboraron manuales con tiempos estandarizados para la preparación del plato específico. Estos tiempos, presentados en la Tabla 2, se introdujeron en el *software* Arena.

Tabla 2
Modelo sugerido

Variables	Distribuciones
Tiempo para colocar el arroz en agua y dejar hervir	UNIF (1,2) minutos
Tiempo para la cocción del arroz	UNIF (14,16) minutos
Tiempo para iniciar hervor del agua	UNIF (5,8) segundos
Tiempo de hervor del agua	UNIF (5,6) minutos
Tiempo para agregar hongos	UNIF (6,8) segundos

(continúa)

(continuación)

Variables	Distribuciones
Tiempo para lavar cebolla	UNIF (2,4) minutos
Tiempo para cortar cebolla	UNIF (2,4) minutos
Tiempo para rallar queso	UNIF (2,4) minutos
Tiempo para preparar mantequilla	UNIF (2,3) minutos
Tiempo para hacer la mezcla	UNIF (2,4) minutos

Con 137 réplicas y los nuevos datos de entrada del modelo sugerido, la Figura 8 muestra el reporte con los indicadores mejorados tras la estandarización de tiempos. Estos evidencian una mejora con respecto al modelo actual presentado en la Figura 7.

Figura 8

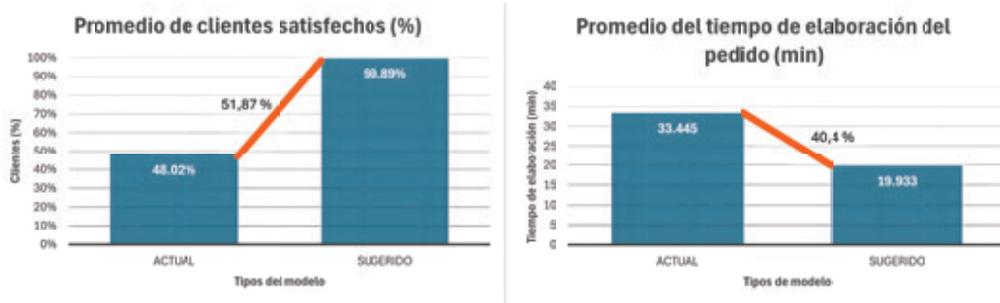
Indicadores del modelo sugerido

Output Summary for 137 Replications					
Project: Unnamed Project			Run execution date : 7/ 6/2024		
Analyst: desconocido			Model revision date: 7/ 6/2024		
OUTPUTS					
Identifier	Average	Half-width	Minimum	Maximum	# Replications
Total clientes satisfechos	70.357	1.4341	46.000	98.000	137
Tiempo de preparacion plato	19.933	.05800	19.347	22.204	137
Total clientes insatisfechos	.07299	.14453	.00000	10.000	137
Tiempo necesario para atender	612.34	1.3647	599.87	640.36	137

Con ambos informes, se compararon el modelo actual y el sugerido y se ilustraron mediante gráficos de barras. Primero, se analizó el porcentaje de clientes satisfechos y se calculó el incremento porcentual tras la estandarización de tiempos. La Figura 9 muestra un aumento del 51,87 % en la satisfacción del cliente. El modelo actual tiene un 48,02 % de clientes satisfechos, mientras que el modelo sugerido alcanza el 99,89 %. En segundo lugar, se evaluó el tiempo necesario para completar los pedidos en ambos modelos. La misma figura revela que el modelo sugerido reduce el tiempo en un 40,4 % con respecto al modelo anterior, pasando de un promedio de 33,45 minutos en el modelo actual a 19,93 minutos en el modelo sugerido.

Figura 9

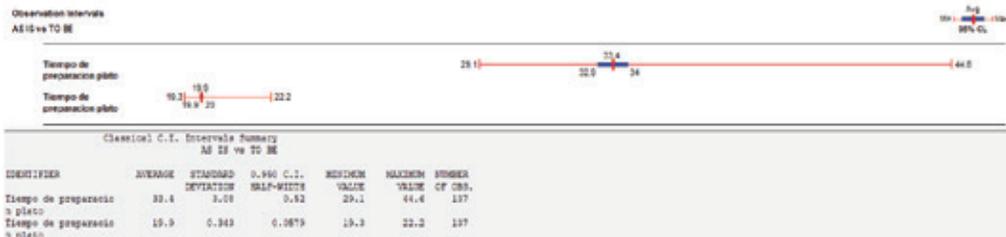
Promedio de clientes satisfechos y tiempo de elaboración del pedido (modelo actual versus sugerido)



La Figura 10 demuestra la existencia de una diferencia estadísticamente significativa al comparar los intervalos de confianza entre el escenario actual y el sugerido. En el escenario propuesto, el tiempo de elaboración del pedido es menor, con un intervalo comprendido entre 19,9 y 20 minutos, mientras que en el modelo actual, dicho intervalo se sitúa entre 32,9 y 34 minutos.

Figura 10

Diferencia entre los intervalos de confianza del tiempo promedio de elaboración del pedido (modelo actual versus modelo sugerido)



Se aplicó un nuevo cuestionario Servqual con el mismo tamaño de muestra, centrado en la dimensión de sensibilidad, para evaluar si reducir el tiempo de espera a veinte minutos aumentaría la satisfacción del cliente. El cuestionario indica que, al reducir el tiempo de espera, la satisfacción en la dimensión de sensibilidad aumenta notablemente, como se observa en la Tabla 3. Al inicio de la investigación, dicha dimensión tenía un 45,95 % de clientes satisfechos, con sus cuatro ítems, en los que se mostraron niveles de satisfacción de 59,46 %, 45,95 %, 83,78 % y 56,76 %, respectivamente. La Tabla 3 presenta el aumento de estos porcentajes al aplicar el segundo cuestionario.

Tabla 3

Incremento de clientes satisfechos en la dimensión de sensibilidad (%)

Ítems	% clientes satisfechos antes	% clientes satisfechos después
S1	59,46 %	100 %
S2	45,95 %	95,95 %
S3	83,78 %	97,30 %
S4	56,76 %	97,30 %
Dimensión sensibilidad	45,95 %	97,64 %

Inicialmente, el promedio de las cinco dimensiones del primer cuestionario Servqual era del 81,05 %. Para evaluar el impacto de la mejora en la dimensión de sensibilidad, se calculó el nuevo porcentaje de satisfacción promediando las cuatro dimensiones originales y la nueva dimensión de sensibilidad. Los porcentajes de satisfacción en las dimensiones originales fueron: 81,89 % (fiabilidad), 88,18 % (seguridad), 86,22 % (empatía) y 87,50 % (tangibles). Con el 97,64 % en la dimensión de sensibilidad del segundo cuestionario, el promedio general aumenta al 88,29 %. La Figura 11 compara la satisfacción inicial en la dimensión de sensibilidad, el ítem S2 y la calidad del servicio general con la situación tras la implementación de la mejora.

Figura 11

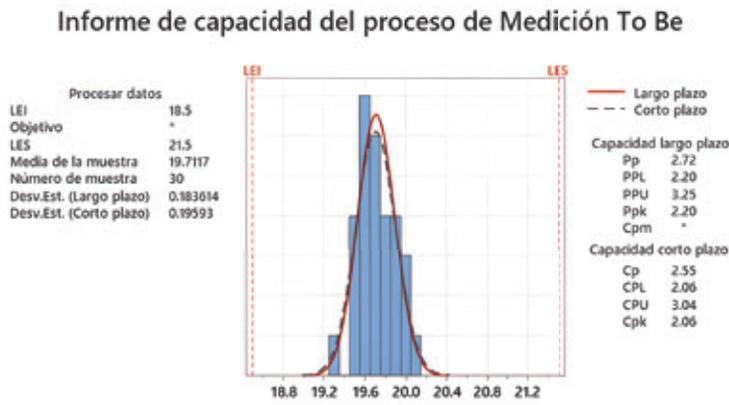
Porcentaje de clientes satisfechos en el ítem S2, la dimensión sensibilidad y en la calidad del servicio general (modelo actual versus modelo sugerido)



La Figura 11 muestra que el modelo sugerido incrementa significativamente el porcentaje de clientes satisfechos en un 50 % en el ítem S2, un 36,15 % en la dimensión de sensibilidad y un 7,24 % en la calidad del servicio, en comparación con el modelo actual. La carta de control ilustrada en la Figura 12 muestra los resultados obtenidos tras estandarizar los procedimientos.

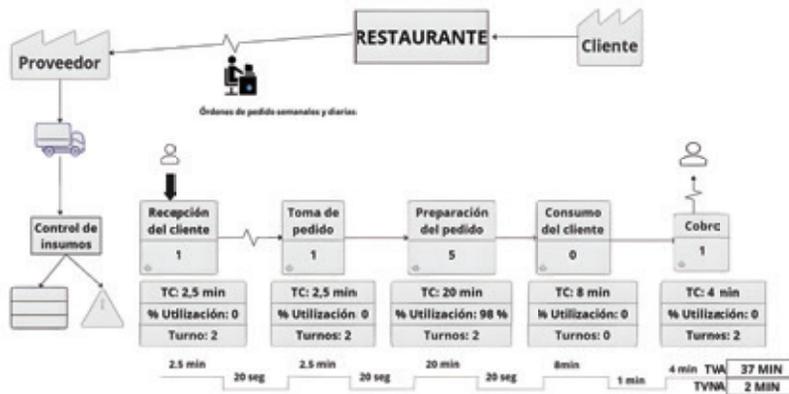
El nuevo índice C_p es 2,55 y el C_{pk} es 2,06, basados en treinta observaciones de la simulación realizada en el *software* Arena. Esto indica una capacidad excepcional del proceso de preparación de pedidos, ajustado rigurosamente a los límites de especificación. La variabilidad en el tiempo de elaboración es mínima, lo que garantiza un control efectivo del proceso. Los índices C_p y C_{pk} superiores a 1,33 reflejan un resultado favorable (Portuondo-Paisan et al., 2023).

Figura 12
Carta de control to be (modelo sugerido)



La Figura 13 ilustra el VSM del restaurante tras la estandarización de los procedimientos en la cocina. Se observa un aumento en la eficiencia de la preparación de pedidos, alcanzando un índice de utilización del 98 %. La estandarización ha reducido el TC a veinte minutos, minimizando así los tiempos de espera para los clientes. Además, el número de empleados en la cocina se mantiene constante en cinco, distribuidos en dos turnos.

Figura 13
VSM to be (modelo sugerido)



4. DISCUSIÓN

El estudio de Chen y Chen (2015) reveló que alrededor del 50 % de los clientes estaban insatisfechos con el tiempo de espera. Tras implementar la metodología *six sigma*, se logró que el 64,61 % de los clientes esperara veinte minutos o menos. Esto incrementó la satisfacción en el ítem S2 en un 20 %, elevándolo aproximadamente al 70 %. En la presente investigación, se esperaba una mejora de aproximadamente 24,05 %, con el objetivo de alcanzar al menos un 70 % de satisfacción de los clientes. Tras aplicar *six sigma* y estandarizar los procedimientos, la satisfacción en el ítem S2 aumentó en un 50 %, pasando del 45,95 % al 95,95 %, según el segundo cuestionario Servqual. Esto superó el resultado esperado en un 25,95 %.

El estudio de Cerón (2020) reveló que el 27 % de los clientes estaban insatisfechos debido a un tiempo promedio de espera de 38 minutos. Tras implementar *six sigma* y estandarizar los procedimientos, el tiempo se redujo a 29 minutos, lo que representa una disminución del 23,68 %. En esta investigación, se esperaba una reducción similar a dicho porcentaje. Sin embargo, tras aplicar *six sigma*, el tiempo de espera se redujo de 33 a 20 minutos, logrando una mejora del 40,4 % y superando la expectativa en un 16,72 %. La Tabla 4 presenta los resultados esperados para cada indicador según el estado del arte y los resultados obtenidos.

Tabla 4

Incremento de clientes satisfechos en la dimensión de sensibilidad (%)

	Satisfacción del cliente respecto al tiempo de espera (ítem S2)	Tiempo de elaboración del pedido
Estado del arte	Chen & Chen (2015)	Cerón (2020)
Resultado esperado	Mejora del 20 % (llegando al 70 % en el ítem S2)	Mejora del 23,68 % (reducción de 38 a 29 minutos)
Resultado obtenido	Mejora del 50 % (llegando al 95,95 % en el ítem S2)	Mejora del 40,4 % (reducción de 33 a 20 minutos)
Diferencia entre los resultados esperados versus obtenidos	+25,95 %	+16,72 %

Este estudio se centra en mejorar una única dimensión del modelo Servqual, específicamente la sensibilidad, una de las cinco dimensiones consideradas para evaluar la calidad del servicio. El enfoque estuvo puesto únicamente en tres de los 22 ítems que componen el modelo. Se recomienda que futuras investigaciones aborden la mejora de múltiples dimensiones para incrementar la calidad del servicio. La mejora de dimensiones adicionales podría elevar aún más la calidad del servicio en cualquier empresa (Dueñas Espinoza et al., 2023).

5. CONCLUSIONES

Tras implementar *six sigma* y sus herramientas, se concluye que esta metodología ha tenido un impacto positivo en indicadores críticos como la satisfacción del cliente y los tiempos de espera, mejorando significativamente el proceso de atención al cliente y la calidad del servicio en el restaurante. Se observó un aumento notable en la satisfacción del cliente durante el proceso de pedidos, con una mejora del 50 %, alcanzando un 95,95 % en el ítem S2, superando así la expectativa (Chen & Chen, 2015) en un 25,95 %. Además, la estandarización de procedimientos redujo el tiempo de espera de 33 a 20 minutos, lo que representa una disminución del 40,4 %, con lo cual se supera la expectativa (Cerón, 2020) en un 16,72 %. Asimismo, se observó una diferencia estadísticamente significativa al comparar los intervalos de confianza entre los tiempos de elaboración de pedidos en el escenario actual y el propuesto.

El objetivo principal de este estudio es mejorar la calidad del servicio en el restaurante investigado. Al alcanzar y superar los objetivos específicos, se valida la hipótesis de que la implementación de *six sigma* y sus herramientas mejora los tiempos de espera y la satisfacción del cliente, lo cual, a su vez, eleva la calidad del servicio. La satisfacción en el ítem S2 alcanzó el 95,95 %, la dimensión de sensibilidad subió al 97,64 %, y la satisfacción general del servicio llegó al 88,29 %. Así, se concluye que se ha cumplido el objetivo principal de la investigación, al aumentar la satisfacción en relación con la calidad del servicio en un 7,24 %, pasando de un 81,05 % a un 88,29 %.

REFERENCIAS

- Aditya Pratap, K., Roji Marjorie, S., & Saikumar, M. (2020). Automatic vegetable chopper using image processing. *Materials Today Proceedings*, 33, 4787-4789. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.365>
- Belén Medina, M., Barragán, R., Colman Casanova, D., Piacenza, M., & Munitz, M. S. (2021). Cocción de arroz: eficiencia energética, valor nutricional y metales pesados. *BISTUA Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 19(2), 28-33. <https://doi.org/10.24054/bistua.v19i2.1016>
- Borucka, A., Kozłowski, E., Antosz, K., & Parczewski, R. (2023). A New Approach to Production Process Capability Assessment for Non-Normal Data. *Applied Sciences*, 13(11), 6721. <https://doi.org/10.3390/app13116721>
- Cerón, D. (2020). *Mejoramiento de procesos con lean seis sigma, para aumentar la competitividad de la empresa Pacífico restaurante de Santiago de Cali* [Pasantía de investigación para optar al título de ingeniero industrial, Universidad Autónoma de Occidente]. Repositorio institucional Universidad Autónoma de Occidente. <https://red.uao.edu.co/entities/publication/577b3268-83d8-4362-ae81-c70dbf086889>

- Chen, H., & Chen, K. (2015). A paired-test method to verify service speed improvement in the Six Sigma approach: a restaurant's case study. *Total Quality Management & Business Excellence*, 27(11-12), 1277-1297. <https://doi.org/10.1080/14783363.2015.1074522>
- Colina, J., & Guerra, M. (2009). Obtención y evaluación de arroz integral de cocción rápida. *Interciencia*, 34(10), 736-741. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009001000012&lng=es&tlng=es
- Dueñas Espinoza, F. X., Hidrovo Burgos, S. M., & Loor Colamarco, I. W. (2023). Entre el análisis de brechas y el análisis importancia – valoración: una aplicación del modelo SERVQUAL. *Revista San Gregorio*, 1(55), 78-91. <https://doi.org/10.36097/rsan.v1i55.2388>
- Gandica de Roa, E. M. (2020). Potencia y Robustez en Pruebas de Normalidad con Simulación Montecarlo. *Revista Cientific*, 5(18), 108-119. <https://doi.org/10.29394/scientific.issn.2542-2987.2020.5.18.5.108-119>
- Jemes Campaña, I. C., Romero-Galisteo, R. P., Labajos Manzanares, M. T., & Moreno Morales, N. (2019). Evaluación de la calidad de servicio en Atención Temprana: revisión sistemática. *Anales de Pediatría*, 90(5), 301-309. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2018.04.014>
- Kashif, M., Aslam, M., Al-Marshadi, A. H., & Jun, C. (2016). Capability Indices for Non-Normal Distribution Using Gini's Mean Difference as Measure of Variability. *IEEE Access*, 4, 7322-7330. <https://doi.org/10.1109/access.2016.2620241>
- Laird, E. (2022). *The Standardized Quantity Recipe: A Valuable Artifact for the Technical Communication Field* [Tesis de maestría, University of Wisconsin-Stout]. Repositorio institucional de la University of Wisconsin-Stout. <http://digital.library.wisc.edu/1793/83579>
- Li, J. (2021). Application of Statistical Process Control in Engineering Quality Management. *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*, 831, 012073. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/831/1/012073>
- Lupo, T., & Bellomo, E. (2019). DINESERV along with fuzzy hierarchical TOPSIS to support the best practices observation and service quality improvement in the restaurant context. *Computers & Industrial Engineering*, 137, 106046. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106046>
- Macías Cevallos, D. R., & Naranjo Vargas, E. M. (2021). Como aplicar Six Sigma en microempresa de comida rápida. Buscando formas de sostenibilidad y sustentabilidad. *E-Idea Journal Of Engineering Sciences*, 3(8), 11-21. <https://doi.org/10.53734/esci.vol3.id211>

- Marković, S., Raspor, S., & Šegarić, K. (2010). Does restaurant performance meet customers' expectations? An assessment of restaurant service quality using a modified DINESERV approach. *Tourism and Hospitality Management*, 16(2), 181-195. <https://doi.org/10.20867/thm.16.2.4>
- Matsumoto, R. (2014). Desarrollo del Modelo Servqual para la medición de la calidad del servicio en la empresa de publicidad Ayuda Experto. *Revista Perspectivas*, (34), 181-209. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1994-37332014000200005&lng=es&tlng=es
- Mikhailov, A., & Pefok, K. C. (2010). *The effectiveness of servqual in measuring service quality and the impact of technology on customer satisfaction*. DiVA. Recuperado de <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A356861&dswid=-6146>
- Millones, R., Barreno, E., Vásquez, F., & Castillo, C. (2017). *Estadística descriptiva y probabilidades. Aplicaciones en la ingeniería y los negocios*. Universidad de Lima, Fondo Editorial.
- Minh, D. H., Phuong, B. V., Binh, P. V., & Duc, N. V. (2020). Design, development and performance evaluation of a new-type fruit vegetable washer. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, 43(4), 265-274. https://www.researchgate.net/publication/348662705_Design_development_and_performance_evaluation_of_a_new-type_fruit_vegetable_washer
- Ministerio de Salud. (2012). *Guía técnica para la evaluación de la satisfacción del usuario externo en los establecimientos y servicios médicos de apoyo*. R. M. 527-2011/MINSA. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/321674-guia-tecnica-para-la-evaluacion-de-la-satisfaccion-del-usuario-externo-en-los-establecimientos-y-servicios-medicos-de-apoyo-r-m-n-527-2011-minsa>
- Porras, J. O., Erquínigo, A. B., Chávez, T. C., Palma, L. H., & Bacalla, J. S. (2023). Método de aplicación de la herramienta Value Stream Mapping para aumentar la competitividad en una empresa textil y de confecciones. *Industrial Data*, 26(1), 33-61. <https://doi.org/10.15381/idata.v26i1.22874>
- Portuondo-Paisan, Y., Lafargue-Pérez, F., Pino-Tarrago, J. C., & González-Danger, A. (2023). Implementation of the process capability analysis in the gauges manufacturing. *Ingeniería Mecánica*, 26(3), 60-66. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442023000300060&lng=es&tlng=en
- Rossetti, M. D. (2021). *Simulation Modeling and Arena* (3.ª ed.). <https://rossetti.github.io/RossettiArenaBook/>
- Salazar Cardenas, L.J. (2019). *Diseño de un sistema de riego inteligente para cultivos de hortalizas basado en Fuzzy Logic en la granja la pradera de la Universidad Técnica del Norte* [Tesis de

pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio institucional de la Universidad Técnica del Norte. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9137>

- Torres Vega, P. (2013). *Simulación de sistemas con el software de Arena*. Universidad de Lima.
- Villarroel del Pino, L. (2021). Impacto sobre el tamaño de las muestras en estudios nacionales si cambiara el nivel de significación estadística de $\alpha = 0,05$ a $\alpha = 0,005$. *Revista médica de Chile*, 149(1), 45-51. <https://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872021000100045>
- Zhu, H. (2022). Social Development Paradox: An E-CARGO Perspective on the Formation of the Pareto 80/20 Distribution. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, 9(5), 1297-1306. <https://doi.org/10.1109/tcss.2021.3117559>

Estrategias de responsabilidad social empresarial para aumentar la sostenibilidad y mejorar la gestión de capital humano en una empresa constructora (pyme)

Orlando Sáenz Aguinaga

<https://orcid.org/0000-0001-6987-5647>

Carrera de Ingeniería Industrial

Universidad de Lima, Perú

20192235@aloe.ulima.edu.pe

Adrián Paz Vega

<https://orcid.org/0009-0006-3982-587X>

Carrera de Ingeniería Industrial

Universidad de Lima, Perú

20163421@aloe.ulima.edu.pe

Jorge Montoya Barragán

<https://orcid.org/0000-0002-0397-3217>

Carrera de Ingeniería Industrial

Universidad de Lima, Perú

jamonto@ulima.edu.pe

Recibido: 23 de julio del 2024 / Aceptado: 17 de septiembre del 2024

Publicado: 25 de abril del 2025

doi: <https://doi.org/10.26439/ciii2024.7791>

RESUMEN. La investigación se centra en adaptar las medidas de responsabilidad social empresarial (RSE) a una pyme constructora, a través de la aproximación a fluctuaciones en la cantidad de trabajadores por cada S/ 100 000 de ingreso. Tras una revisión literaria, se eligió la RSE por su potencial en la gestión del capital humano (GCH) y en la mejora de la reputación empresarial. Tras la implementación, se mejoró la satisfacción de los colaboradores, se

implementaron procedimientos para gestionar indicadores de GCH, se declaró una política de RSE y se diseñó una estrategia para retener personal. La simulación validó la eficacia de los procedimientos. Se concluye que la RSE beneficia (financiera y no financieramente) a las pymes. Se recomienda investigar otros pilares de sostenibilidad en futuras investigaciones.

PALABRAS CLAVE: sostenibilidad, gestión de capital humano, responsabilidad social, RSE, pymes

CSR STRATEGIES TO INCREASE SUSTAINABILITY AND IMPROVE HUMAN CAPITAL MANAGEMENT IN A CONSTRUCTION SME

ABSTRACT. The research focuses on adapting corporate social responsibility measures to a construction SME, addressing fluctuations in the number of workers per 100 000 soles of income. After a literature review, CSR was chosen for its potential in human capital management and improving corporate reputation. Following implementation, employee satisfaction improved, procedures were established to manage social sustainability indicators, a CSR policy was declared, and a strategy to retain personnel was designed. Simulation validated the effectiveness of the procedures. It is concluded that CSR benefits both financially and non-financially for SMEs. Future research is recommended to explore other sustainability pillars.

KEYWORDS: sustainability, human capital management, corporate social responsibility, CSR, SMEs

1. INTRODUCCIÓN

Las pequeñas y medianas empresas (pymes) representan gran parte de la economía del Perú. Por esto mismo, su impacto es significativo. Sin embargo, el mercado peruano exige muy poco a las pymes, lo cual provoca que se frene la extensión de beneficios de responsabilidad social empresarial (RSE) (Peñaflor-Guerra et al., 2020). La importancia de esta investigación radica en demostrar los beneficios en la gestión de capital humano (GCH) y en la sostenibilidad que se pueden obtener de la RSE para las empresas, y su respectivo impacto en los ámbitos económico, social, ambiental y técnico. Esto da origen a la pregunta: ¿en qué medida las pymes pueden aplicar medidas de RSE para mejorar indicadores de GCH?

En lo económico, la RSE convierte a las pymes en empresas más fuertes y sostenibles financieramente, lo cual evita posibles quiebras (Belas et al., 2021). Este beneficio tiene un impacto indirecto en este ámbito al permitir el desarrollo y crecimiento de mercados, lo que —a su vez— apoya la intención de inversión tanto extranjera como local (Chavarría Ortiz et al., 2020). En el país, la mayoría de empresas son pymes de empresarios peruanos. La RSE, junto con la sostenibilidad, ayudarían a potenciar la competitividad de las pymes al permitir mayores beneficios económicos (Vargas Vanegas et al., 2024), lo cual podría traducirse en mejores remuneraciones para los trabajadores.

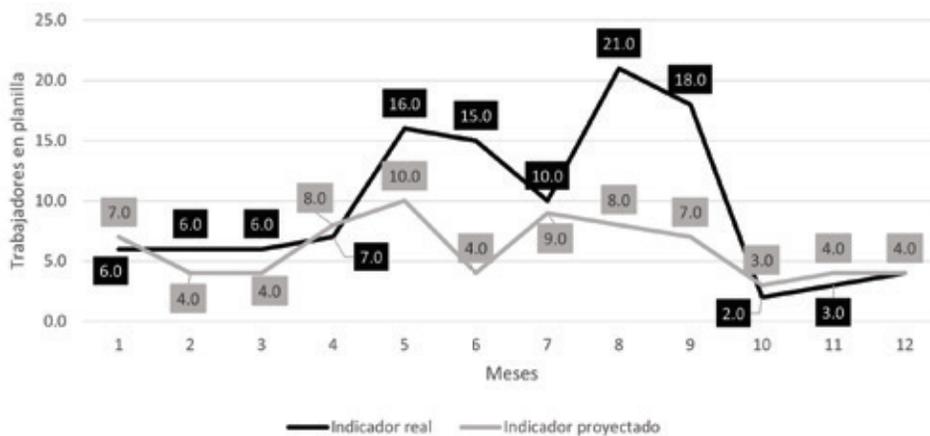
En el aspecto social, por el lado de los *stakeholders* internos, se evidencian mejoras en el clima laboral (Jeong et al., 2022), lo cual tiene un impacto positivo en la GCH. Además, existe un impacto en el desempeño organizacional a través de la medición del desempeño de sostenibilidad (Asiaei et al., 2021). Esto es bastante beneficioso, ya que no solo se concentra en controlar el impacto ambiental de los procesos de las pymes, sino también porque las estrategias también se orientan a la optimización de recursos por la innovación. Estas medidas fomentan el actuar de forma responsable en el ámbito social y de manera sostenible en el ámbito ambiental (Flores-Hernández et al., 2020). En lo político, la RSE tiene un papel muy importante sobre la materialización del desarrollo sostenible, ya que tiene como base a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Mayorga Salamanca, 2022). Así, es posible que las pymes puedan alinearse con los ODS para priorizar la implementación de iniciativas sostenibles (Jiménez et al., 2021). Por último, en el aspecto técnico, la presente investigación da origen a un precedente significativo, dado que son escasas las investigaciones sobre RSE y pymes en el Perú: los resultados pueden ser un punto de referencia para investigaciones que busquen profundizar el tema.

Por ello, los objetivos de la presente investigación son: identificar las áreas y procesos que afectan los indicadores de GCH; mejorar los indicadores de GCH a través de la RSE; establecer estándares y metas para cada indicador de GCH; y adaptar e implementar medidas de RSE en el contexto de una pyme. La empresa en estudio es una pyme que se dedica principalmente a contratar con el Estado licitaciones para obras públicas. Aunque opera sin control respecto de la sostenibilidad social y la GCH, la empresa sí cumple con regulaciones mínimas basadas en la norma técnica de edificaciones. La falta de indicadores y parámetros óptimos,

junto con la ausencia de regulaciones en toda la cadena de suministro, impide una medición completa de los impactos en los pilares de la sostenibilidad.

La rotación de personal es un indicador que tiene mucha incertidumbre debido al dinamismo del rubro, por lo que se construyó un nuevo indicador que permitiera analizar el impacto de la rotación de la empresa: la forma de hacerlo fue relacionar la cantidad de trabajadores en planilla con la cantidad de ingreso que se percibe en la empresa. Para determinar que este indicador realmente evidencia un problema para la organización, se trabajó con proyecciones de ingreso de la empresa y, además, se realizaron proyecciones de la planilla mensual. Analizando la Figura 1, se evidencia que sí existe una variación significativa del indicador en distintos meses para la empresa.

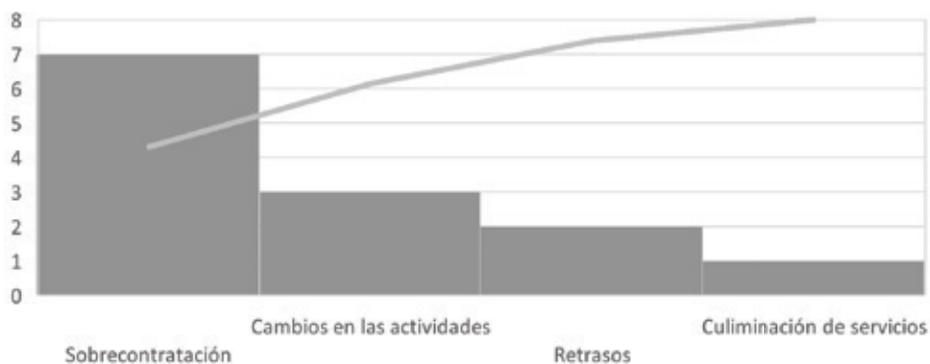
Figura 1
Comparación del indicador A proyectado y real



Para determinar el rango apropiado del indicador A, es necesario hallar el promedio de los datos proyectados y determinar la desviación, lo cual brinda como resultado que el rango óptimo del indicador es de 6 ± 3 trabajadores en planilla cada S/ 100 000 de ingreso.

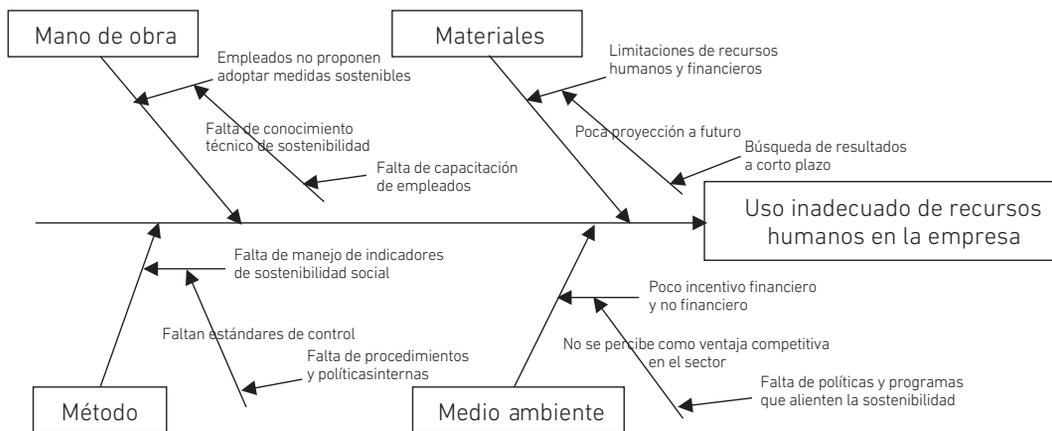
Para identificar el problema principal en el descontrol del indicador A, se analizaron eventos mensuales y destacó, como resultado, la sobrecontratación de planilla y los cambios en actividades programadas (véase la Figura 2). Estos eventos revelan un uso inadecuado de recursos humanos, con contrataciones que no se realizan según necesidad y que están exentas de un presupuesto de planilla. Esto conduce a contratar más personal del necesario, lo que genera cambios en las actividades para mantener la continuidad laboral. Este desorden afecta los montos valorizados de avance de obra y los ingresos presupuestados en algunos meses.

Figura 2
Diagrama de Pareto



El uso inadecuado de los recursos humanos de la empresa en estudio es el principal problema del negocio. Para realizar un análisis de las causas de este problema, se elaboró un diagrama de Ishikawa (véase la Figura 3).

Figura 3
Diagrama de Ishikawa



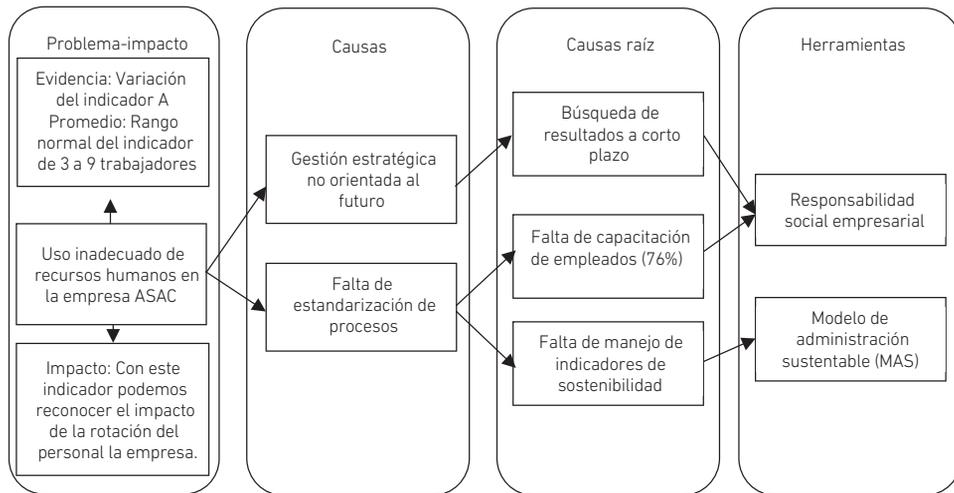
2. METODOLOGÍA

El indicador más volátil en sostenibilidad social y en GCH es la cantidad de trabajadores por cada S/ 100 000 de ingreso. Esto es examinado en la Figura 4, en la que se investigan las causas de las fluctuaciones y la falta de control del indicador. Según la entrevista con el gerente general, la empresa no considera la sostenibilidad como una ventaja competitiva, una creencia influenciada por la prioridad de resultados a corto plazo y por el temor a los costos financieros de implementar un área de sostenibilidad. Autores como Bacinello et al. (2020) destacan los beneficios de la RSE en el desempeño empresarial, mientras que Wentzel et al. (2022) relacionan las políticas de RSE con el rendimiento financiero a largo plazo, toda vez que atrae a inversionistas. La gestión deficiente de indicadores de GCH impacta negativamente en la empresa.

Autores como Andreu-Pinillos et al. (2020) y Asiaei et al. (2021) destacan la implementación de políticas de RSE y marcos de trabajo para el control de índices de sostenibilidad social y de GCH.

Figura 4

Matriz causas-herramientas



El tipo de investigación del presente estudio es de enfoque mixto, ya que se realizó un análisis cuantitativo a partir de los datos que se obtuvieron a través de encuestas aplicadas a todos los trabajadores del área técnica y administrativa (veinte trabajadores en total). Las encuestas fueron realizadas al inicio y al final de la investigación; además, se revisaron metrados, cronogramas y partidas de obras anteriores ejecutadas por la empresa, para diseñar

un escenario modelo de la construcción de un aula y, de esta forma, simular el indicador A y el indicador de mano de obra local contratada. El análisis cualitativo se realizó a partir de entrevistas al gerente de la empresa y de la revisión documental para la implementación de medidas de RSE, por lo que se diseñaron, como parte de la propuesta de solución, los componentes que figuran a continuación.

a) Diagnóstico interno

Para la recolección de datos de la empresa, se elaboró el siguiente *checklist* de datos:

- **Datos de recursos humanos.** Se consideró el número total de empleados, la estructura organizativa y la distribución por áreas, además del índice de rotación de personal.
- **Datos de proveedores.** Se evaluaron las prácticas responsables de los proveedores, lo cual incluye el cumplimiento de normas laborales y ambientales.
- **Datos de impacto social.** Se midió la participación de la organización en la comunidad y las contribuciones a organizaciones benéficas o programas sociales.
- **Datos de cumplimiento normativo.** Se evaluó el cumplimiento de las regulaciones ambientales, laborales y de seguridad por parte de la empresa.

Como parte de este diagnóstico, también se aplicaron encuestas a los trabajadores con más de un año de permanencia en la empresa. Las preguntas que se les hizo son las siguientes:

- ¿Cuál es su percepción sobre la cultura organizacional actual en términos de responsabilidad social empresarial y prácticas sostenibles?
- ¿Cuáles son las áreas en las que considera que nuestra empresa puede mejorar su desempeño en responsabilidad social empresarial?
- ¿Cuál es su nivel de satisfacción o apoyo hacia las iniciativas de responsabilidad social empresarial implementadas en nuestra empresa?
- ¿Cómo promovería una mayor participación y compromiso de sus compañeros en las prácticas de responsabilidad social empresarial?

b) Políticas y procedimientos

La RSE implica el diseño de políticas y procedimientos asociados, además de nuevas funciones que serán incluidas al manual de organización y funciones (MOF) de la empresa. Las políticas por implementar serán las siguientes:

- **Política de participación en la sostenibilidad.** Todos los cargos del organigrama deben tener la función de participar, proponer y alentar medidas de sostenibilidad para la empresa.
- **Política de capacitaciones.** La empresa debe buscar capacitar internamente a sus empleados en temas de sostenibilidad. También debe dar oportunidades a los peones de recibir capacitaciones en especialidades técnicas y formar cuadrillas de operarios, las cuales luego serán tercerizadas a otras empresas para conservarlos en planilla, sin generar un sobrecosto.
- **Política de comunicación.** La empresa compartirá los resultados de los diferentes indicadores de GCH y los objetivos planteados para cada indicador a cada uno de sus trabajadores.
- **Buzón de buenas prácticas.** Se habilitará un formulario en el que los empleados podrán transmitir sus ideas acerca de buenas prácticas que se puedan implementar.

c) Planificación e implementación de acciones

Para la planificación e implementación de acciones, se debe declarar la nueva cultura corporativa y definir metas de sostenibilidad social. Para esto es necesario definir las prioridades con claridad y permitir establecer objetivos concretos y medibles en términos de impacto social positivo. Posteriormente, se deben integrar los nuevos procesos, definir a los responsables de la información y realizar una capacitación para evaluar el progreso y los resultados.

El método de validación escogido es la elaboración de un escenario modelo de las actividades realizadas por la empresa en el periodo de un mes, para la construcción de un módulo de una obra de edificación. En primer lugar, se definieron aquellas actividades que pudieran realizarse durante un mes de ejecución, para lo cual se siguió como criterio que las actividades sean secuenciales y complementarias entre sí. Después, se revisaron los metrados para definir la cantidad (ya sea de m^3 de concreto, m^2 de madera para el encofrado o kilogramos de acero) que se necesitan en cada actividad. Luego se comparó esta información con las partidas, para conocer el rendimiento de las cuadrillas y saber quiénes las conforman, para así calcular el presupuesto de planilla. Antes de calcular el resultado del indicador A y la cantidad de mano de obra local contratada, los resultados anteriores se multiplicaron por tres para aproximar los resultados a la realidad, debido a que la empresa gestiona un promedio de tres obras simultáneas al año. Este ejercicio permitirá realizar la planificación de la planilla de la empresa en función a la carga laboral y, a su vez, tener el cálculo de los ingresos por la construcción de este módulo. De esta forma, con el apoyo del simulador Arena, se podrá realizar el cálculo del indicador A y la cantidad de mano de obra local contratada.

3. RESULTADOS

Las encuestas realizadas revelaron que el 65 % percibe limitaciones en la comprensión de la cultura organizacional sobre RSE y prácticas sostenibles. Un 85 % opina que la empresa debe mejorar en áreas como políticas internas y gestión del personal. La satisfacción media con las iniciativas de RSE existentes es de 3,7. Además, el 75 % cree que involucrar a los empleados en decisiones sobre RSE impulsaría la participación y el compromiso con prácticas relacionadas. Estos resultados indican una actitud favorable hacia la implementación de prácticas sostenibles, pero los empleados no están satisfechos y perciben deficiencias en la organización en términos de RSE y sostenibilidad social.

Por otra parte, se realizó la declaración de la política de RSE de la empresa, además de la elaboración del procedimiento de gestión del presupuesto de planilla, el procedimiento de gestión de mano de obra local y el procedimiento de gestión de capacitaciones técnicas. Como parte de la implementación de los nuevos procedimientos y políticas de RSE, se realizaron las capacitaciones, que fueron evaluadas y que obtuvieron un promedio ponderado de 18,15. Estas capacitaciones y evaluaciones fueron realizadas a veinte trabajadores (personal administrativo y técnico). Los nuevos objetivos y políticas de RSE, las nuevas funciones de los puestos y los nuevos procedimientos implementados en la empresa fueron comunicados a todos los trabajadores. Esta comunicación se realizó mediante correo.

Tras las medidas implementadas, el 60 % de los trabajadores opina que la empresa está comprometida, a comparación del 65 % de la primera encuesta que creía que la percepción era limitada. Por otro lado, el nivel de satisfacción aumentó a un promedio de 8,5, a comparación del 3,7 obtenido en la primera encuesta. Para el indicador A, se realizó en primer lugar la construcción de un escenario modelo para una obra de edificación, apoyado de una simulación en el *software* Arena (véase la Figura 5). Se revisaron metrados, cronogramas y partidas de obras anteriores para definir actividades secuenciales y complementarias para un mes (véase la Tabla 1). Los resultados se multiplicaron por tres debido a que la empresa gestiona en promedio tres obras simultáneas al año.

En la Tabla 1 se observa un resumen del costo de cada una de las actividades, que luego permitirá calcular el ingreso que percibe la empresa por la ejecución de cada una de estas actividades.

Tabla 1

Costos totales de las actividades

Actividad	Costo directo (S/)
Zapatatas	128 468,39
Viga de cimentación	28 495,88
Muros de concreto	20 626,03
Columnas	49 088,66
Vigas	55 406,96
Losas aligeradas	55 499,70
Curado	158,86
Total	S/ 337 744,48

En la Tabla 2 se detalla el ingreso que percibe la empresa por las actividades.

Tabla 2

Ingreso generado por las actividades

Concepto	S/
Costo directo	337 744,47
Gastos generales (15 %)	50 661,67
Utilidad (12 %)	40 529,34
Subtotal	428 935,47
IGV 18 %	60 794,00
Ingreso bruto	489 729,48

En las Tablas 3 y 4 se muestran los cálculos de la planilla en función de los días y actividades por ejecutar.

Tabla 3
Necesidad de personal operativo por día I

Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Oficial	3	3	3	4	4	4	4	11	11	2	2	15	21	21	2	2	2
Operario	3	3	3	4	4	4	4	11	11	2	2	15	20	20	2	2	2
Peón	0	0	0	16	16	16	16	0	0	8	8	2	10	10	12	12	10

Tabla 4
Necesidad de personal operativo por día II

Días	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Máx.
Oficial	20	20	20	20	4	2	2	2	0	0	0	0	0	21
Operario	20	20	20	20	4	2	2	2	0	0	0	0	0	20
Peón	8	8	12	12	30	12	12	12	2	2	2	2	2	30

En la Tabla 5 se muestra el cálculo total de trabajadores de planilla que la empresa necesita siguiendo las condiciones anteriores.

Tabla 5
Resumen de personal en tres obras simultáneas

Empleados	Cantidad
Subcontratados (oficiales)	63
Mano de obra local (peones)	90
Trabajadores en planilla	98
Administrativos	17
Técnicos	21
Operarios	60
Total	251

Tanto de la simulación en Arena como del cálculo del indicador A y de la cantidad de mano de obra local contratada se obtuvieron los siguientes resultados (véase la Tabla 6).

Tabla 6
Indicadores finales

Indicador	Operación	Resultado
Indicador A	$\frac{98}{S/ 1\ 469\ 188,43} * 100\ 000$	7
Mano de obra local	Peones = mano de obra local	90

Por último, se realizó una evaluación económica sobre la tercerización de las cuadrillas de operarios, la cual dio como resultado los siguientes indicadores financieros (véase la Tabla 7).

Tabla 7
VAN y TIR del proyecto

Indicador	Valor
VAN	S/ 15 562,43
TIR	152 %

4. DISCUSIÓN

En primer lugar, en el diagnóstico interno se evidenció que la organización carecía de una cultura empresarial y políticas de RSE, lo cual se reflejaba en la percepción los trabajadores sobre la empresa. La encuesta de diagnóstico halló que principalmente los trabajadores se sentían insatisfechos con las iniciativas de sostenibilidad y RSE que manejaba la empresa (nivel de satisfacción de 3,7, de 10). Estos resaltaban que se debía mejorar en las políticas internas y en la gestión del personal (85 %). Esto es importante, ya que Wang y Yan (2022) destacan que el personal comprometido ayuda al desempeño de la organización en RSE.

Se crearon tres procedimientos orientados a la gestión de indicadores de mano de obra local contratada y del indicador A y se implementaron cuatro nuevas políticas para la participación de los trabajadores en la sostenibilidad; esto en consonancia con lo afirmado por Yumei et al. (2021), quienes resaltan que la RSE tiene una estrecha relación con el compromiso de los empleados.

Como resultados, destaca el aumento de la satisfacción de los trabajadores en relación con la RSE y las prácticas de sostenibilidad en la empresa: la satisfacción era de 3,7, al inicio, y finalizó con un valor de 8,5. Esto concuerda con Ríos-Manríquez et al. (2021), quienes resaltan que una de las variables de impacto de la RSE es la GCH. Además, un mejor control sobre el indicador A causa que la rotación de personal sea menor y aumenta la sensación de seguridad y estabilidad laboral, según el 85,7 % de los trabajadores. Esto corrobora las conclusiones de Pfajfar et al. (2022), ya que RSE maximiza la calidad de las relaciones con *stakeholders* específicos, como los empleados.

Por el lado de la innovación, se crearon procedimientos que ayudarán a controlar el indicador A. Varios autores como Santos-Jaén et al. (2021), Chen (2022) y Zastempowski y Cyfert (2021) coinciden en sostener que la relación entre la RSE y la innovación en procedimientos potencia el desempeño organizacional. Para validar la efectividad de estos procedimientos, se realizó una simulación que arrojó el valor del indicador A en el rango deseado, y este indicador nos ayuda a mantener bajo control el impacto de la rotación del personal. Otro beneficio de la RSE, tal como lo resalta Hui (2021), es que garantiza el control de la rotación del personal, lo cual permite un desarrollo sostenible de la organización.

Por otro lado, los impactos financieros de la RSE en la empresa se resumen en el diseño de la política de capacitaciones técnicas. Esta permite al personal de mano de obra local, en función de su desempeño, la oportunidad de llevar las capacitaciones necesarias para convertirse en operario —sea como carpintero, gasfitero u otros— y formar parte de la planilla de la empresa. De esta forma, la empresa luego puede formar cuadrillas de operarios y tercerizar el servicio para otras empresas. Con resultados financieros en valores positivos para la empresa (el VAN en S/ 821,09 y la TIR en 20 % > COK), se concluye que el proyecto es rentable.

Una de las limitaciones de esta investigación fue la dificultad de la estandarización del sector construcción, ya que existen muchas variables que pueden afectar los resultados finales y generar divergencias de efecto entre las empresas del mismo sector. Además, las medidas adoptadas de RSE fueron recogidas y adaptadas de la ISO 26000, pero no se cubren todos los requisitos de esta guía. Se centraron los esfuerzos en la política y gestión interna de la organización, debido a que se presentaban demasiadas dificultades y obstáculos al tratar de integrarlas en la cadena de suministro de la compañía.

5. CONCLUSIONES

En la presente investigación se lograron identificar procesos críticos que afectaban la GCH en la empresa, específicamente la rotación de personal y la satisfacción laboral. La implementación de la RSE generó beneficios tangibles, como la creación de nuevos procedimientos y estándares de control, y también impulsó la innovación en la empresa. Esto último permitió un mejor control y seguimiento de los indicadores de GCH y coadyuvó al mantenimiento de la rotación de personal en niveles controlados, lo que, a su vez, asegura mayor estabilidad y satisfacción entre los empleados.

La adaptación de medidas de RSE en el entorno organizacional de la empresa ayudó a potenciar significativamente la relación con los *stakeholders* internos, especialmente con los colaboradores. Esto generó un aumento en la satisfacción laboral con respecto a las prácticas de sostenibilidad y RSE implementadas (8,5 sobre 10). Además de mejorar la estabilidad laboral y contar con un mayor control sobre el presupuesto de planilla, gracias a los procedimientos que ayudan al control de indicador A es posible una gestión eficiente de contratos estables y

prolongados. Esto fue particularmente relevante para el 85,7 % de los trabajadores, quienes consideraron la estabilidad laboral como el aspecto más importante en su relación con la empresa.

El aspecto financiero fue otro aporte clave de la implementación de la RSE, debido a la creación de una estrategia de negocio que permite la tercerización de personal operario a otras empresas del rubro, lo cual garantiza la continuidad laboral del personal sin generar sobrecostos cuando las actividades principales de la empresa disminuyen. Esta estrategia contribuyó a controlar el indicador A y aportó valor económico para la organización, como lo demuestra la evaluación realizada (VAN de S/ 821,09 y TIR del 20 %), la cual confirma la rentabilidad del proyecto.

Con estos resultados se demuestra que las pymes de cualquier sector pueden realizar acciones de RSE y sostenibilidad de forma satisfactoria. A su vez, se demuestra que se pueden obtener buenos resultados sin tener que realizar grandes inversiones. La implementación de medidas de RSE generó mejoras en la GCH y en la relación con los *stakeholders*, potenció la reputación organizacional y la innovación y mejoró el desempeño financiero de la empresa. De esta manera, se demuestra que la RSE es una herramienta estratégica para el éxito a largo plazo de las pymes.

REFERENCIAS

- Andreu-Pinillos, A., Fernández-Fernández, J.-L., & Fernández-Mateo, J. (2020). Corporate governance in sustainability indexes: A Spanish case study. *Revista de Comunicación*, 19(2), 7-28. <https://doi.org/10.26441/RC19.2-2020-A1>
- Asiaei, K., Bontis, N., Barani, O., & Jusoh, R. (2021). Corporate social responsibility and sustainability performance measurement systems: Implications for organizational performance. *Journal of Management Control*, 32(1), 85-126. <https://doi.org/10.1007/s00187-021-00317-4>
- Bacinello, E., Tontini, G., & Alberton, A. (2020). Influence of corporate social responsibility on sustainable practices of small and medium-sized enterprises: Implications on business performance. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 28(2), 776-785. <https://doi.org/10.1002/csr.2087>
- Belas, J., Čera, G., Dvorský, J., & Čepel, M. (2021). Corporate social responsibility and sustainability issues of small- and medium-sized enterprises. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 28(2), 721-730. <https://doi.org/10.1002/csr.2083>
- Chavarría Ortiz, C., Ganga Contreras, F. A., & García Parejo, A. (2020). Responsabilidad social corporativa (RSC): impacto en pequeñas y medianas empresas españolas. *Revista Venezolana de Gerencia*, 25(91), 1056-1075. <https://doi.org/10.37960/RVG.V25I91.33182>

- Chen, C.-H. (2022). The mediating effect of corporate culture on the relationship between business model innovation and corporate social responsibility: A perspective from small- and medium-sized enterprises. *Asia Pacific Management Review*, 27(4), 312-319. <https://doi.org/10.1016/J.APMRV.2022.01.001>
- Flores-Hernández, J. A., Cambra-Fierro, J. J., & Vázquez-Carrasco, R. (2020). Sustainability, brand image, reputation and financial value: Manager perceptions in an emerging economy context. *Sustainable Development*, 28(4), 935-945. <https://doi.org/10.1002/sd.2047>
- Hui, Z. (2021). Corporate social responsibilities, psychological contracts and employee turnover intention of SMEs in China. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.754183>
- Jeong, J.-G., Choi, S. B., & Kang, S.-W. (2022). Leader's perception of corporate social responsibility and team members' psychological well-being: Mediating effects of value congruence climate and pro-social behavior. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(6), 3607. <https://doi.org/10.3390/ijerph19063607>
- Jiménez, E., De la Cuesta-González, M., & Boronat-Navarro, M. (2021). How small and medium-sized enterprises can uptake the sustainable development goals through a cluster management organization: A case study. *Sustainability*, 13(11), 5939. <https://doi.org/10.3390/su13115939>
- Mayorga Salamanca, P. I. (2022). Redefining corporate social responsibility and its relation to sustainable development objectives. *Mercados y Negocios*, (47), 85-106. <https://doi.org/10.32870/myn.vi47.7682>
- Peñaflor-Guerra, R., Sanagustín-Fons, M. V., & Ramírez-Lozano, J. (2020). Business ethics crisis and social sustainability. The case of the product "Pura Vida" in Peru. *Sustainability*, 12(8), 3348. <https://doi.org/10.3390/su12083348>
- Pfajfar, G., Shoham, A., Maflecka, A., & Zalaznik, M. (2022). Value of corporate social responsibility for multiple stakeholders and social impact – Relationship marketing perspective. *Journal of Business Research*, 143, 46-61. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.01.051>
- Ríos-Manríquez, M., Ferrer-Ríos, M. G., & Sánchez-Fernández, M. D. (2021). Structural model of corporate social responsibility. An empirical study on Mexican SMEs, *PLoS ONE*, 16(2), e0246384. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246384>
- Santos-Jaén, J. M., Madrid-Guijarro, A., & García-Pérez de Lema, D. (2021). The impact of corporate social responsibility on innovation in small and medium-sized enterprises: The mediating role of debt terms and human capital. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 28(4), 1200-1215. <https://doi.org/10.1002/csr.2125>

- Vargas Vanegas, C., Ocampo Cárdenas, H., & Parra Rincón, D. M. (2024). Economía sostenible: análisis de la cadena de valor en pymes. Dosquebradas-Colombia. *Revista Venezolana de Gerencia*, 29(107), 1010-1024. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.107.1>
- Wang, M., & Yan, W. (2022). Brain gain: The effect of employee quality on corporate social responsibility. *Abacus*, 58(4), 679-713. <https://doi.org/10.1111/abac.12266>
- Wentzel, L., Fapohunda, J. A., & Haldenwang, R. (2022). The relationship between the integration of CSR and sustainable business performance: Perceptions of SMEs in the South African construction industry. *Sustainability*, 14(3), 1049. <https://doi.org/10.3390/su14031049>
- Yumei, H., Iqbal, W., Nurunnabi, M., Abbas, M., Jingde, W., & Chaudhry, I. S. (2021). Nexus between corporate social responsibility and firm's perceived performance: Evidence from SME sector of developing economies, *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 2132-2145. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10415-w>
- Zastempowski, M., & Cyfert, S. (2021). Social responsibility of SMEs from the perspective of their innovativeness: Evidence from Poland. *Journal of Cleaner Production*, 317, 128400. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.128400>

Lean service y BPM para aumentar el nivel de servicio en una empresa del sector de las telecomunicaciones

Carlos Arteaga Ventura

<https://orcid.org/0009-0005-9060-2172>

Universidad de Lima, Perú

20182275@aloe.ulima.edu.pe

Xiomara Alessandra Rosales Meza

<https://orcid.org/0009-0009-5043-250X>

Universidad de Lima, Perú

20184420@aloe.ulima.edu.pe

Silvia Ponce Álvarez

<https://orcid.org/0000-0003-1583-7113>

Universidad de Lima, Perú

sponce@ulima.edu.pe

Recibido: 29 de julio del 2024 / Aceptado: 26 de agosto del 2024

Publicado: 25 de abril del 2025

doi: <https://doi.org/10.26439/ciii2024.7792>

RESUMEN. Los problemas de conectividad al internet son un desafío crítico en el sector de las telecomunicaciones, especialmente para los clientes empresariales. Ellos, dado que se encuentran en constante crecimiento, dependen de un servicio robusto e ininterrumpido que contribuya a la continuidad del negocio y a la construcción de un mundo digital. Este estudio aborda las ineficiencias en la resolución de fallas que afectan la confiabilidad del servicio y la satisfacción del cliente en una empresa de telecomunicaciones peruana, mediante la implementación de las metodologías *lean service* y *business process management* (BPM) para reducir significativamente los tiempos de respuesta y resolución de fallas para mejorar la calidad del servicio de internet para los clientes empresariales. Aunque existen estudios sobre la aplicación de estas herramientas en diferentes sectores, incluido el de las telecomunicaciones, la cantidad

de investigación comparativa en este ámbito es limitada, lo que hace que este trabajo ofrezca una contribución significativa. En este estudio se logró mejorar la eficiencia en la resolución de fallas mediante la aplicación de dichas metodologías, minimizando el tiempo de inactividad del servicio actual (de 10,5 horas a un promedio de 9,2 horas), lo que, a su vez, incrementa su confiabilidad. Esta investigación demuestra que la implementación de estas mejoras aumenta significativamente la retención y satisfacción de los clientes, lo que genera mayores ingresos, especialmente en mercados de alta demanda.

PALABRAS CLAVE: servicio *lean* / conectividad a internet / telecomunicaciones / gestión de procesos de negocio (BPM) / resolución de fallas

LEAN SERVICE AND BPM TO IMPROVE SERVICE LEVELS IN A TELECOMMUNICATIONS COMPANY

ABSTRACT. Internet connectivity issues are a critical challenge in the telecommunications sector, especially for business clients who, due to their constant growth, rely on robust and uninterrupted service that contributes to business continuity and the development of a digital world. This study addresses inefficiencies in fault resolution that affect service reliability and customer satisfaction in a Peruvian telecommunications company, through the implementation of lean service and business process management (BPM) methodologies to significantly reduce fault response and resolution times, improving the quality of internet service for business clients. Although there are studies on the application of these tools in different sectors, including telecommunications, the amount of comparative research in this area is limited, making this work a significant contribution. This study successfully improved fault resolution efficiency through the application of these methodologies, which minimized the current service downtime (reducing from 10.5 hours to an average of 9.2 hours), thereby increasing reliability. This research demonstrates that the implementation of these improvements significantly boosts customer retention and satisfaction, resulting in higher revenues, especially in high-demand markets.

KEYWORDS: lean service/ internet connectivity / telecommunications / business process management (BPM) / fault resolution

1. INTRODUCCIÓN

El sector de las telecomunicaciones ha experimentado profundas transformaciones en la última década, impulsadas por la necesidad de satisfacer expectativas cada vez mayores en un entorno competitivo (Hoseinpour, 2021). En América Latina, la expansión de redes y servicios no solo mejora la calidad de vida al facilitar el acceso a la información y a los servicios digitales, sino que también impulsa el crecimiento económico, pues fomenta el desarrollo empresarial y la creación de empleo en un sector dinámico y en constante evolución (GSMA, 2022; Katz & Callorda, 2018). La demanda de servicios más eficientes y personalizados ha puesto en evidencia la importancia de la calidad y la velocidad de respuesta para mantener la fidelidad de los clientes y captar nuevos mercados. La insatisfacción del cliente no solo afecta la percepción de la marca, sino que también impacta directamente en los ingresos operativos del sector (Meena & Geng, 2022).

En Perú, empresas líderes como Telefónica, Claro y Entel dominan los mercados de banda ancha fija y móvil, con las dos primeras empresas controlando aproximadamente el 70 % del mercado de banda ancha fija (Fitch Solutions Group, 2023). A nivel nacional, el sector experimentó una ligera disminución del 3,3 % en sus ingresos operacionales durante 2023, alcanzando un total de S/ 20 663 millones, debido principalmente a la caída en los ingresos por venta y alquiler de equipos. Sin embargo, los servicios de internet móvil y fijo siguieron impulsando el crecimiento del sector, con un aumento del 0,3 % en los ingresos excluyendo esta categoría (Organismo Supervisor de Inversión Privada en Comunicaciones [Osiptel], 2023). En este contexto, la gestión del transporte IP es esencial para garantizar una conectividad confiable y mantener una alta calidad del servicio, ya que debe abordar desafíos importantes como averías y cortes de la fibra (Ruiz, 2017). Para afrontar eficazmente estos problemas, las empresas utilizan centros de operaciones de red (NOC, por sus siglas en inglés) y sistemas avanzados de gestión de incidentes, como el sistema de *tickets* Remedy, que permiten la resolución de problemas en tiempo real y garantizan el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos por el Osiptel (Nekmahmud & Rahman, 2018).

En el presente estudio, nos enfocamos en una empresa de telecomunicaciones con más de dieciocho años de experiencia en el mercado, que enfrenta un desafío crítico en su servicio de internet dirigido a grandes empresas de sectores vitales (como la minería y el comercio minorista), en los que la conectividad confiable es esencial para las operaciones diarias (Couper, 2024). En 2023, el indicador de satisfacción de la compañía se ubicó en 82,55 %, pero con el objetivo estratégico de elevarlo a 92 %. Las interrupciones del servicio o las velocidades de conexión reducidas han provocado un aumento notable de las quejas, detonadas por complejidades técnicas, procesos prolongados de resolución de fallas y una mayor demanda de datos. La duración promedio de la interrupción del servicio es de aproximadamente 10,5 horas (Informes internos de la empresa, 2023).

Para mejorar tal escenario, esta investigación busca implementar un modelo para optimizar el nivel de servicio de internet, utilizando las herramientas *lean service* (LS) y *business process management* (BPM). Los objetivos principales fueron reducir los tiempos de respuesta y de resolución de fallos, optimizar el uso de recursos y eliminar actividades que no añaden valor. Al mejorar continuamente el proceso de experiencia del cliente, el estudio se alinea con los objetivos estratégicos de la empresa, que apuntan no solo a optimizar la resolución de problemas sino también el nivel general de servicio. Con la implementación de herramientas *lean service* y BPM, se reducirá el tiempo del ciclo de solución del servicio y la falla, y el tiempo de respuesta y resolución en al menos un 15 %, con base en los estudios de Bustillos & Rojas (2022), Ovalle (2022), García (2021) y Susanto et al. (2019).

2. METODOLOGÍA

2.1 Detalle de la contribución

El desarrollo del modelo propuesto (Figura 2) se realizará en tres etapas, según la metodología elegida: análisis de problemas, intervención y validación.

Componente 1: Análisis de problemas

Se analizaron indicadores clave de desempeño para evaluar los tiempos actuales de respuesta y resolución de la empresa para diferentes tipos de fallas. Asimismo, se utilizaron las herramientas LS y BPM para mejorar el proceso: visualizar el flujo actual, la etapa en la que se encuentra el cuello de botella e identificar las actividades cuya duración podría estar siendo parte del problema.

Una vez desarrolladas estas herramientas, se identificó el problema del proceso y se utilizaron datos de la empresa en los cuales se especifica el tipo de falla más común, junto con el tiempo de resolución. Además, se utilizó el *software* Arena 16.2 para simular el diagrama base versus el diagrama por cada herramienta, y para determinar cuál de los dos es más relevante y con menos impacto económico. Por último, el árbol de objetivos definió los criterios de evaluación para resolver el problema principal.

Componente 2: Intervención

Este componente utiliza herramientas para minimizar el tiempo de inactividad del servicio de internet causado por fallas o incidentes. Esto se logra a través de un proceso estandarizado que elimina la necesidad de informar al cliente. La implementación comenzó con la detección y el análisis de los procesos y las fallas que provocan interrupciones prolongadas del servicio. Posteriormente, se estandarizaron las actividades para reducir estos períodos de inactividad. Luego, se aplicaron las herramientas para mantener las actividades y comparar el desempeño

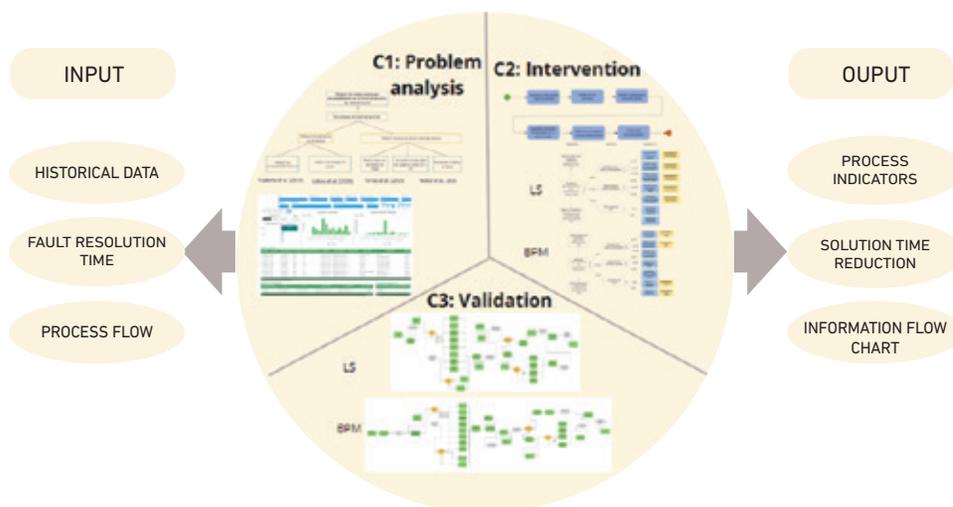
esperado con el desempeño real. Luego, se procedió a implementar la herramienta BPM, que comienza con el modelado del proceso. Para este modelado se utiliza el *software* Arena, el cual ayuda con la simulación al brindar los nuevos tiempos de respuesta para proceder al análisis de las actividades que requieren mayor optimización. Finalmente, se realiza una capacitación sobre la propuesta mejorada.

Luego se implementa una nueva propuesta de modelo con la herramienta LS, que incorpora una estación de inspección interna cuyo objetivo es monitorear indicadores clave como la conexión, velocidad de carga y descarga, latencia, entre otros. Esta estación detectará desviaciones del promedio normal durante períodos prolongados de tiempo, lo que permitirá alertar a los clientes antes de que ocurra una falla, mejorando así la proactividad en la gestión del servicio (reduciendo así el tiempo promedio de resolución de fallas), mientras que para el BPM se utilizó la información recolectada de los formularios para los datos de fallas. Esta información será sistematizada y clasificada para priorizar la gestión de casos en función de la gravedad y el impacto de cada incidente.

Componente 3: Validación

Las nuevas etapas del proceso se encargan del mantenimiento preventivo (supervisado por el área de Operación de *Red Working*) para medir el tiempo de resolución de la falla presentada por el cliente. Se procede a la reevaluación de estas etapas del proceso utilizando el *software* de simulación Arena, con el fin de analizar los posibles resultados que se pueden obtener, ya que dicho *software* da resultados reales y realiza predicciones en base a los diferentes escenarios correspondientes a las dos herramientas utilizadas.

Figura 1
Vista general del modelo de servicio



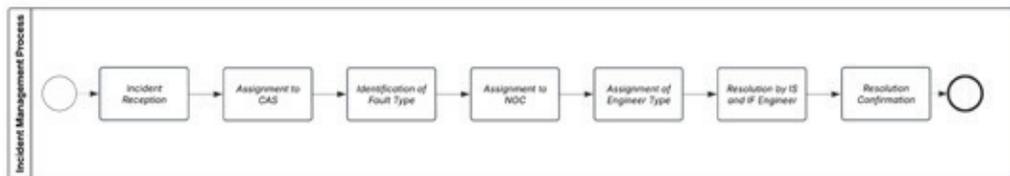
3. RESULTADOS

El proceso de gestión de incidencias se organiza en seis etapas, con una duración media de interrupción del servicio de aproximadamente 10,5 horas. Comienza con la recepción de solicitudes reactivas, reportadas por los clientes a través de varios canales de contacto. Cada solicitud se asigna a operadores especializados para un diagnóstico inicial, quienes luego derivan los casos más complejos a ingenieros experimentados. Este proceso está respaldado por herramientas avanzadas como monitoreo remoto, análisis de registros e inspección física. Las acciones correctivas pueden incluir desde actualizaciones de infraestructura hasta ajustes de configuración del sistema. Finalmente, cada solicitud se cierra con la actualización de su estado en el sistema de gestión de servicios de la empresa, lo que asegura una comunicación efectiva con el cliente afectado.

El diagrama BPM presentado en la Figura 2 ilustra el proceso de gestión de incidentes o fallos, desde la recepción de fallos técnicos (unidad de análisis) por parte de los clientes corporativos hasta su resolución.

Figura 2

BPM - Proceso de gestión de incidentes



Los datos utilizados en esta investigación se recopilaron a través de un sistema centralizado de registro de fallas que registra, rastrea y resuelve problemas de servicio y que contempla detalles sobre el estado, la asignación y los plazos. Este sistema facilita la comunicación entre departamentos y asegura una resolución eficiente. Luego, los datos recopilados se analizaron utilizando técnicas estadísticas avanzadas y herramientas de visualización, como se muestra en la Figura 3, para cuantificar la frecuencia de incidentes y la duración promedio, proporcionando una comprensión clara y objetiva de la situación operativa de la empresa.

Figura 3
Panel de frecuencia y duración de fallas



Los resultados de este estudio se obtuvieron a través de una simulación en el *software* Arena, utilizando dos modelos diferentes: el primero basado en *business process management* (BPM) y el segundo basado en *lean service*. Ambos modelos fueron analizados a través de cien replicaciones del proceso de resolución de fallas para evaluar su eficiencia operativa.

Este enfoque permitió comparar el tiempo promedio requerido para la resolución de fallas en cada modelo, destacando sus respectivas capacidades en términos de eficiencia y precisión. El tiempo medio de resolución de fallos fue de 8,87 horas, con una desviación estándar de 0,322 horas. Estos resultados indican una eficiencia operativa notable, con una reducción del 18 % en el tiempo promedio de resolución de fallas en comparación con el modelo original.

Para evaluar la precisión del modelo *lean service*, el intervalo de confianza del 95 % para el tiempo de resolución de fallas oscila entre 8,14 y 10,1 horas, con una precisión de estimación de 0,0639 horas. Este intervalo refleja la capacidad del modelo *lean service* para predecir el tiempo de resolución de fallas con alta precisión. Por otro lado, el modelo de mejora aplicado con la metodología BPM arrojó un tiempo promedio de resolución de fallas de 9,52 horas, con una desviación estándar de 0,314 horas.

Estos resultados indican nuevamente una eficiencia operativa notable, con una reducción del 10 % en el tiempo promedio de resolución de fallas en comparación con el modelo original. Para evaluar la precisión del modelo BPM, se utiliza el intervalo de confianza del 95 % para el tiempo de resolución de fallas que oscila entre 8,62 y 10,7 horas, con una precisión de estimación de 0,0622 horas. Si bien BPM presenta tiempos de resolución ligeramente mayores, ofrece mayor precisión en sus estimaciones debido a su enfoque estructurado y estandarizado.

4. DISCUSIÓN

Existen numerosos estudios (Vignesh et al., 2016; Costa et al., 2020; Ovalle, 2022; Tisalema et al., 2019; Antony et al., 2016) que destacan la importancia de aplicar metodologías como *lean service* y BPM en diversas industrias, incluidas la manufacturera, la de servicios, la atención médica, la banca y la consultoría. Estos estudios han demostrado que la implementación de estas metodologías mejora tanto la eficiencia operativa como la calidad del servicio. Bermúdez Cáceres (2021) enfatiza su relevancia en la optimización de procesos en sectores críticos, como el mantenimiento de torres y la conectividad en telecomunicaciones, demostrando cómo estas prácticas pueden aumentar la confiabilidad de la infraestructura de telecomunicaciones.

La simulación en Arena ha demostrado que la implementación de la herramienta *lean service* ha reducido el tiempo de respuesta y la resolución de fallos en un 18 %, situándolo en 8,87 horas. Mientras tanto, la herramienta BPM ha reducido el tiempo de respuesta y resolución de fallos en un 10 %, situándolo en 9,52 horas. El uso de estas herramientas ha optimizado la asignación de recursos para gestionar cuellos de botella y mejorar la capacidad de los procesos. Como resultado se ha conseguido una reducción del 10 % en los tiempos de respuesta en las etapas de gestión de incidentes del NOC y CAS, apoyando las conclusiones de Prieto et al. (2022), quienes destacan que estas metodologías eliminan la variación y la inconsistencia a través de procedimientos claros y una mejora continua, pero también facilitan una adaptación rápida y eficiente a estándares mejorados.

Para la implementación específica de *lean service*, se agrega al diagrama de flujo una actividad de inspección interna que alertará a los clientes antes de que ocurra una falla, reduciendo así el tiempo promedio para resolverla. Para BPM, se utilizó la información recopilada de los formularios de datos de fallas (Figura 2). Esta clasificación prioriza la gestión de casos en función de la gravedad e impacto de cada incidente, optimizando la gestión de incidentes y consiguiendo una reducción significativa en el tiempo de resolución de fallos (Silvia et al., 2016).

En el análisis comparativo entre modelos aplicando *lean service* y BPM para la gestión de resolución de fallas, destaca la eficiencia y viabilidad económica del modelo *lean service*, que demuestra un tiempo promedio de resolución de fallas un 7 % menor respecto del modelo BPM. Esta diferencia significativa sugiere que *lean service* ofrece tiempos de respuesta más rápidos, lo cual es crucial para mejorar la experiencia del cliente y optimizar las operaciones internas. Además, la implementación de *lean service* no solo mejora la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente, sino que también proporciona beneficios económicos tangibles, incluida una reducción de las cancelaciones de servicios debidas a problemas de conexión y un aumento en la capacidad contratada dada una mayor confiabilidad del servicio (Abd-Elrahman, 2023).

Fortalecer la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta a incidentes críticos es crucial para mejorar la satisfacción del cliente y garantizar la sostenibilidad y rentabilidad del negocio

a largo plazo. La adopción de metodologías como LS y BPM, junto con inversiones estratégicas en equipos y capacitación de personal, permite optimizar procesos, eliminar variaciones, mejorar continuamente y adaptarse a estándares más altos (Ansari, 2020; Jimeno Ramos, 2017). Además, estas metodologías facilitan la priorización y gestión eficiente de incidentes críticos, optimizando la asignación de recursos y asegurando respuestas efectivas.

Este enfoque integral, centrado en la optimización de procesos, mejora la eficiencia operativa, pero además fortalece la resiliencia organizacional. Al adoptar estándares más altos y fomentar una cultura de mejora continua, las empresas pueden responder más eficazmente a los cambios dinámicos del mercado y mantener así una ventaja competitiva sostenible.

5. CONCLUSIONES

En el sector de las telecomunicaciones, la implementación de *lean service* y *business process management* (BPM) ha demostrado ser muy beneficiosa para la empresa. La aplicación de *lean service* ha reducido el tiempo de resolución de fallos en un 18 %, mientras que la aplicación de BPM ha disminuido el tiempo de respuesta y resolución de fallos en un 10 %. Estos avances mejoran significativamente la eficiencia operativa, pues aseguran una asignación eficiente de recursos y mejoran la experiencia del cliente a través de respuestas más rápidas y confiables.

Económicamente, la adopción de *lean service* y BPM optimiza los costos operativos y reduce las cancelaciones de servicios, lo cual aumenta la capacidad contratada y mejora la rentabilidad a corto plazo. Además, estos enfoques establecen una base para la sostenibilidad económica a largo plazo al mejorar la confiabilidad y consistencia del servicio ofrecido. La implementación exitosa de *lean service* y BPM en el sector de las telecomunicaciones subraya su capacidad transformadora para optimizar las operaciones esenciales y mejorar la experiencia del cliente. La combinación de ambas metodologías puede acelerar significativamente la respuesta a incidentes, al tiempo que resalta su potencial de innovación y aplicación en otros sectores industriales.

6. REFERENCIAS

- Abd-Elrahman, A.-E. H. (2023). Telecommunications service quality, customer satisfaction and customer loyalty in pandemic times. *Management Research Review*, 46(8), 1112–1131. <https://doi.org/10.1108/mrr-08-2021-0595>
- Antony, J., Vinodh, S., & Gijo, E. V. (2016). *Lean Six Sigma for Small and Medium Sized Enterprises: A practical guide*. CRC Press.

- Ansari, M. S. A. (2020). Extended service profit chain in telecom service industry in Oman – An empirical validation. *Sustainable Futures*, 2, 100032. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2020.100032>
- Bermúdez Cáceres, R. (2021). *Propuesta de mejora del servicio de mantenimiento mediante la aplicación de herramientas Lean Service en una empresa del sector de telecomunicaciones en Lima, Perú* [Trabajo de suficiencia profesional para optar por el título de ingeniero industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio institucional de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/657327/Bermudez_CR.pdf?sequence=1
- Bustillos, A. R. & Rojas, M. A. (2022). *Integrated Lean-BPM Service Model to Reduce Lead Time of Incorporation of New Employees in a SME of HR Services* [Tesis para optar el título profesional de ingeniero industrial, Universidad de Lima]. Repositorio institucional de la Universidad de Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/17498>.
- Costa, R., Resende, T., Dias, A., Pereira, L., & Santos, J. (2020). Public sector shared services and the lean methodology: Implications on military organizations. *Journal of Open Innovation Technology Market and Complexity*, 6(3), 78. <https://doi.org/10.3390/joitmc6030078>
- Couper, J. (2024). The role of telecommunications in modern business. *Business Studies Journal*, 16(1), 1-3. <https://www.abacademies.org/articles/the-role-of-telecommunications-in-modern-business-16581.html>
- Fitch Solutions Group Limited. (2023). *Peru Telecommunications Report - Q2 2023*. <https://ezproxy.ulima.edu.pe/login?url=https://www.proquest.com/reports/peru-telecommunications-report-q2-2023/docview/2771452014/se-2>
- García, G. (2021). *Mejora del proceso de medición de la satisfacción de los clientes internos en una empresa del sector de las telecomunicaciones desde la gerencia central de capital humano mediante el uso de tecnología para una adecuada gestión de resultados* [Trabajo de suficiencia profesional presentado para optar al título profesional de ingeniero empresarial, Universidad del Pacífico]. Repositorio institucional de la Universidad del Pacífico. https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/3222/GarciaRuiz_Tesis_Licenciatura_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page23
- Gómez-Barroso, J. L., & Marbán-Flores, R. (2020). Telecommunications and economic development – The 21st century: Making the evidence stronger. *Telecommunications Policy*, 44(2), 101905. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2019.101905>
- GSMA. (2022). *La economía móvil en América Latina 2022*. https://www.gsma.com/solutions-and-impact/connectivity-for-good/mobile-economy/wp-content/uploads/2022/11/SPANISH_GSMA_LATAM_ME2022_R_Web.pdf

- Hoseinpour, P. (2021). Improving service quality in a congested network with random breakdowns. *Computers & Industrial Engineering*, 157, 107226. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107226>
- Jamaluddin, J., & Ruswanti, E. (2017). Impact of service quality and customer satisfaction on customer loyalty: A case study in a private hospital in Indonesia. *IOSR Journal of Business and Management*, 19(5), 23–33. <https://doi.org/10.9790/487x-1905012333>
- Jevgeni, S., Eduard, S., & Roman, Z. (2015). Framework for continuous improvement of production processes and product throughput. *Procedia Engineering*, 100, 511–519. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.398>
- Jimeno Ramos Y., (2017). *Propuesta de mejora del proceso de gestión de requerimientos usando la tecnología Business Process Management (BPM) en una empresa de telecomunicaciones*. [Trabajo de suficiencia profesional para optar por el título profesional de ingeniero de sistemas, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur]. Repositorio institucional Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/285/1/Jimeno_Yenni_Trabajo_Suficiencia_2017.pdf
- Katz, R., & Callorda, F. (2018). Accelerating the development of Latin American digital ecosystem and implications for broadband policy. *Telecommunications Policy*, 42(9), 661-681. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2017.11.002>
- Meena, M. E., & Geng, J. (2022). Dynamic Competition in Telecommunications: A Systematic Literature Review. *SAGE Open*, 12(2), <https://doi.org/10.1177/21582440221094609>
- Miranda, J., & Baca, M. (2023). *Propuesta de mejora para incrementar el nivel de servicio en una empresa de telecomunicaciones para una entidad financiera aplicando Lean Service*. [Trabajo de suficiencia profesional para optar por el título de ingeniero industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio institucional de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/671910/Miranda_TJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page28
- Nekmahmud, M. & Rahman, S. (2018). Measuring the Competitiveness Factors in Telecommunication Markets. En: Khajechian, D., Friedrichsen, M., Mödinger, W. (Eds.). *Competitiveness in Emerging Markets. Contributions to Management Science*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71722-7_18
- Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (Osiptel). (2023). *Análisis del desempeño financiero del sector telecomunicaciones en el año 2023*. <https://sociedadtelecom.pe/wp-content/uploads/2024/05/analisis-desempeno-finaciero-telecom-2023.pdf>
- Ovalle Paulino, C. (2022, 18-22 de julio). *Framework integrating LEAN - BPM and its impact on service management in a financial entity*. [Presentación de escrito]. 20th LACCEI

- International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: “Education, Research and Leadership in Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions”. Boca Raton, Florida, Estados Unidos. <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.78>
- Ruiz, G. (2017). The influence of satisfaction on customer retention in mobile phone market. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 36, 75–85. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2017.01.003>
- Silvia, Suhardi, & Yustianto, P. (2016, 24-27 de octubre). *Business process improvement of district government innovation service: Case study Cimahi, Tengah District of Cimahi*. [Presentación de escrito]. 2016 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI), Bandung, Indonesia. 10.1109/ICITSI.2016.7858193
- Susanto, H., Leu, F.-Y., & Chen, C. K. (2019). *Business Process Reengineering: An ICT Approach*. Apple Academic Press, CRC Press.
- Tisalema, S. H., Torres, P. C., Cuchiparte, N. J., & Moreno, B. R. (2019). Análisis de la calidad del servicio de las operadoras de telefonía móvil en la ciudad de Ambato. *Ciencia Digital*, 3(3.3), 59–76. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.3.770>
- Vignesh, Suresh, M., & Aramvalarthan, S. (2016). Lean in service industries: A literature review. *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering*, 149, 012008. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/149/1/012008>

Propuesta de mejora basada en *lean manufacturing* para reducir índice de defectuosos en una pyme del sector óptico

Steffany Alejandra Ramos Jacobo

<https://orcid.org/0009-0006-2436-2729>

Universidad de Lima, Perú

20181566@aloe.ulima.edu.pe

Luis Alonso Ricse Calderon

<https://orcid.org/0000-0002-4087-2300>

Universidad de Lima, Perú

20183150@aloe.ulima.edu.pe

Elsie Bonilla Pastor

<https://orcid.org/0000-0002-4087-2300>

Universidad de Lima, Perú

Ebonilla@ulima.edu.pe

Recibido: 2 de agosto del 2024 / Aceptado: 21 de agosto del 2024

Publicado: 25 de abril del 2025

doi: <https://doi.org/10.26439/ciii2024.7793>

RESUMEN. El presente trabajo de investigación se enfoca en medianas y pequeñas empresas del sector óptico. Se identificarán los problemas más recurrentes de una empresa en específico, y estos se compararán con las dificultades actuales del sector en general, con el fin de identificar el problema principal. El objetivo del presente proyecto de investigación es reducir los productos defectuosos en el proceso de producción y, de esta forma, aumentar la utilidad neta del laboratorio. Para alcanzar este objetivo, es necesario disminuir los errores del operario, evitar las fallas en las máquinas y optimizar el flujo de procesos. Para realizar todo lo mencionado, se consideró necesario utilizar las herramientas 5S, *standard work*, *jidoka*, mantenimiento productivo total (TPM, por sus siglas en inglés) y *poka-yoke*. Como se

demuestra en el presente trabajo, con estas herramientas el índice de defectuosos disminuye a un 1,40 %, indicador que antes era de un 8,22 %.

PALABRAS CLAVE: *lean manufacturing*, 5S, TPM, *standard work*, *jidoka*

IMPROVEMENT PROPOSAL BASED ON LEAN MANUFACTURING TO REDUCE DEFECTIVE RATE IN AN SME IN THE OPTICAL SECTOR

ABSTRACT. The present research work will focus on medium and small companies in the optical sector, the most recurrent problems of a specific company will be identified, where these results will be compared with the current problems of the sector in general to identify the main problem. The aim of this research project is to reduce defective products in the production process and thus increase utility net of the laboratory. To achieve this goal, it is necessary to reduce operator errors, avoid machine failures and optimize process flow. In order to be able to carry out all of the above, it was considered necessary to implement the 5S, standard work, jidoka, TPM and poka-yoke tools. In the present work, the defective rate decreases to 1.40 %, previously this indicator was 8.22 %.

KEYWORDS: Lean Manufacturing, 5S, TPM, Standard Work, jidoka

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se enfoca en medianas y pequeñas empresas del sector óptico. Se identificarán los problemas más recurrentes de una empresa específica y se compararán estos resultados con los problemas actuales del sector en general para así lograr identificar el problema principal.

El subsector de lentes oftalmológicos es muy importante en cualquier parte del mundo. Estos correctores visuales permiten que las personas puedan ver bien y realicen sus actividades diarias con normalidad. Este sector está conformado principalmente por las empresas encargadas de distribuir y producir lentes y monturas, así como las empresas fabricantes de las máquinas empleadas para la manufactura de cada una de ellas. Es importante mencionar que tanto las monturas como los lentes son relevantes para un idóneo producto final, ya que el cliente percibe la calidad y comodidad al hacer uso de ellos. Con el fin de clasificar correctamente el valor en aduanas, se diferencian los productos de este sector en lentes, monturas y gafas (Superintendencia Nacional de Administración Tributaria, 2002).

A continuación, se analizarán tres indicadores macroeconómicos para justificar la relevancia y contribución del sector. En primer lugar, se halla el producto bruto interno (PBI), que es uno de los indicadores más importantes para analizar un país. Según el Banco Santander (2022), este indicador se traduce en el valor monetario de los bienes producidos en un país durante un periodo de tiempo. Por otro lado, el sector manufactura terminó el 2022 con un monto acumulado de 335 102,11 millones de soles, siendo este el segundo sector más importante y el que más aporta al Perú (Banco Central de Reserva del Perú, s. f.). Asimismo, el mercado de la oftalmología ronda los 120 millones de dólares al año en el Perú; este sector ha ido creciendo en promedio entre 9 % y 10 % y un 12 % en los últimos años (Gestión, 2016).

El segundo indicador es la población económicamente activa (PEA), que también es fundamental para medir un sector porque nos indica a cuántas personas brinda empleo el sector. Cabe mencionar que el sector manufactura concentró el 8,5 % de la PEA ocupada en el año 2020, además de contar con más de cien mil empresas en el país (Ministerio de la Producción, 2020).

En último lugar, la importación de plásticos manufacturados y semifabricados nos da una referencia del crecimiento del sector óptico. En el año 2019, se importó una suma de 305 millones de dólares. Esto significó un crecimiento interanual del 10 %. Los plásticos manufacturados y semifabricados fueron importados principalmente de China. Este valor representó el 33,3 % del total de plásticos importados de ese año (Instituto de Estudios Económicos y Sociales, 2019).

2. METODOLOGÍA

El presente estudio de investigación es de diseño empírico, enfoque cualitativo y alcance cuasiexperimental, pues se ha recolectado información en base a la observación y la experiencia

que se ha tenido directamente a través de las visitas realizadas a la empresa en estudio, además del simulador Arena. En este último se pudo hacer la comparación entre el proceso anterior y el actual, para medir la variable independiente del proceso de producción de lentes y la variable dependiente referente a los defectuosos en la obtención de lentes en porcentajes y números. Asimismo, se obtuvieron y calcularon diferentes indicadores clave de rendimiento (KPI, por sus siglas en inglés), que ayudaron a la medición de parámetros de interés de la investigación.

La investigación se delimitó al área de laboratorio digital, en donde se utilizaron las herramientas principales de *lean manufacturing* (5S, TPM, *standard work*, *jidoka*) y *poka-yoke* para la reducción del índice de defectuosos. Las cinco metodologías están relacionadas entre sí, lo cual garantiza la mejora continua de la compañía. En la Figura 1, se puede observar la propuesta de mejora que se diseñó para la empresa con la implementación de tales metodologías y que puede servir como información de mejora para el sector óptico.

Figura 1
Modelo propuesto

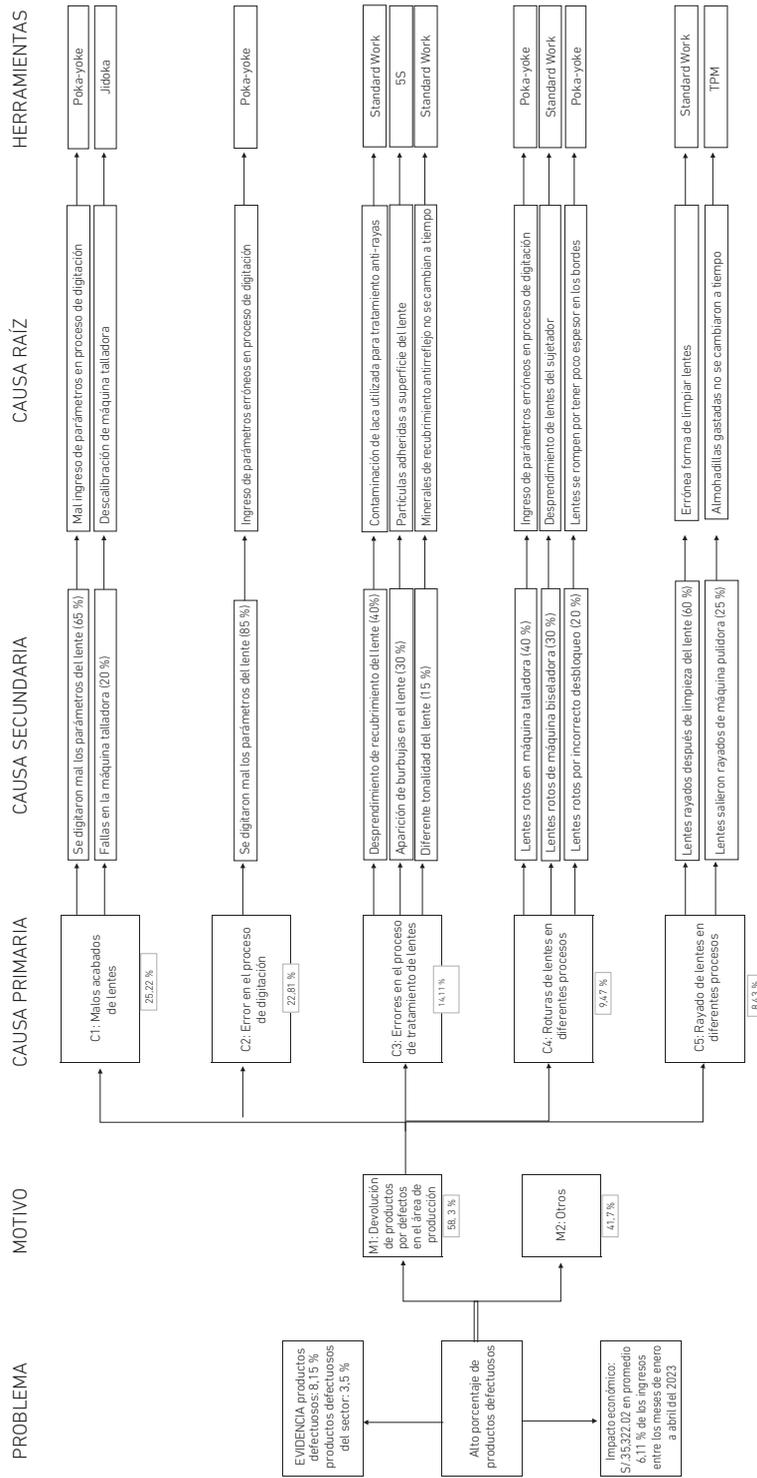


3. RESULTADOS

En la obtención de información se evidenció la problemática principal mediante datos cuantitativos proporcionados por la empresa en estudio. Se identificaron los principales problemas a ser solucionados con las herramientas de *lean manufacturing* correspondientes. En la Figura 2 se puede observar la problemática, el motivo, la causa primaria y, sobre todo, la causa raíz.

¿Qué errores hacen que se obtenga el 8,22 % de lentes defectuosos? Se hallaron cinco causas principales que originan la devolución de productos defectuosos en el área de producción.

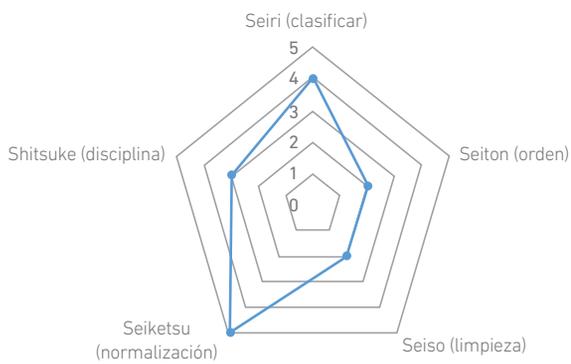
Figura 2
Árbol de causa raíz



También se realizó una auditoría sin que el personal haya sido avisado con anticipación, con el fin de tomar en cuenta los datos reales de esta área. Gracias a la auditoría, la empresa se pudo dar cuenta de las cosas que faltaban (por ejemplo, colocar señalizaciones, nombres a los insumos, nombres a las maquinarias, entre otros). En la Figura 3 se presentan los resultados de las preguntas que se hicieron para cada S, con el objetivo de mejorar el puntaje y así tener un área de trabajo organizada y, sobre todo, ordenada.

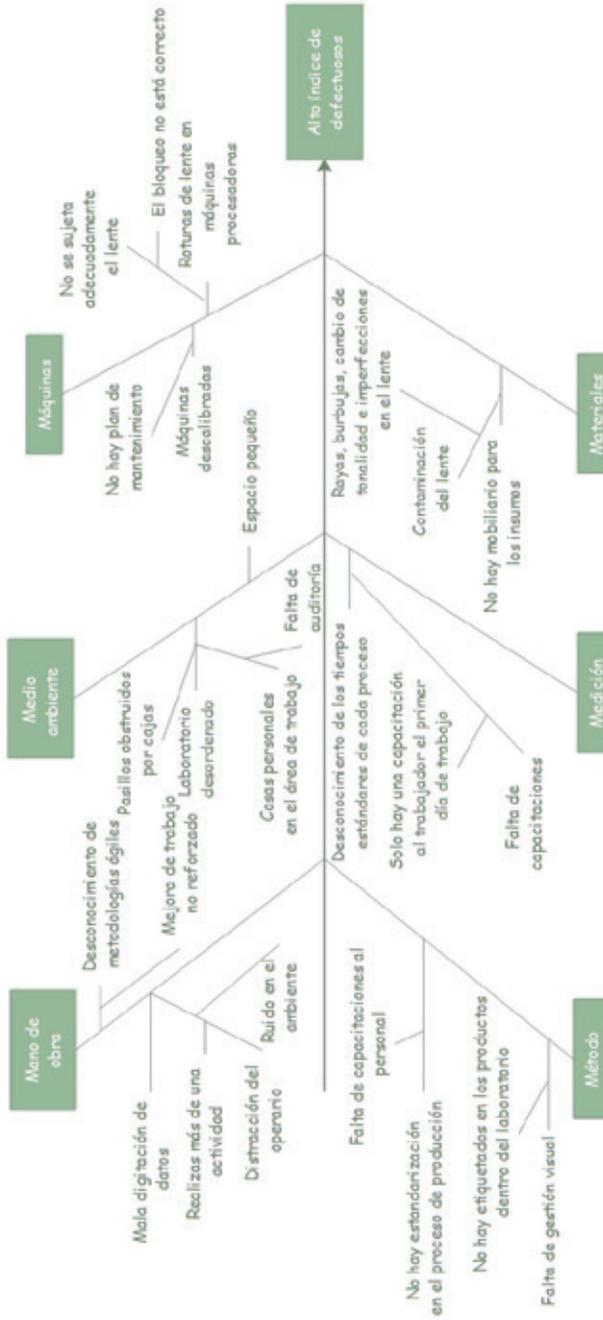
Figura 3

Diagrama de radar. Primera evaluación 5S y auditoría



Para concluir con el análisis de las causas raíz, también se realizó un diagrama de Ishikawa, con el cual se tuvo un panorama más claro de los problemas que generan defectuosos en la elaboración de un lente. Se evidenció la falta de un trabajo estandarizado, dado que existe un desconocimiento de metodologías de mejora, falta de capacitaciones y auditorías. Nunca se había empleado la metodología 5S para tener un mejor orden en el área de trabajo, lo que afecta directamente al proceso de producción.

Figura 4
Diagrama de Ishikawa



4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN CON DATOS DE LA EMPRESA EN ESTUDIO

4.1. Componente 1. Prevención de fallas en máquina

Para implementar la herramienta *jidoka*, en primer lugar se identificaron las fallas principales por las que la máquina talladora genera defectos en los lentes procesados, como puede verse en la Tabla 1.

Tabla 1
Principales fallas en la máquina talladora

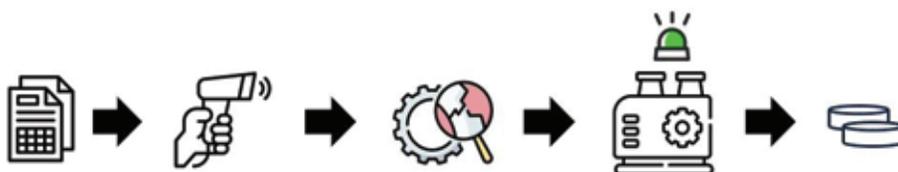
Falla	Concepto
F1	Cuchilla desgastada
F2	Refrigerante no está direccionado hacia cuchilla
F3	Descalibración de motor
F4	Refrigeración del motor
F5	Fresa desgastada
F6	Desgaste de cuchilla diamante
F7	Desgaste de fresa

Con la información de fallas por máquina, se realizó un formato de ficha para registrar los errores. A ello, se adicionó un sistema Andon, que indica con luces (roja y verde) el correcto funcionamiento de las máquinas involucradas en los procesos de producción. Véanse las Figuras 5 y 6.

Figura 5
Activación de luz roja al detectar falla

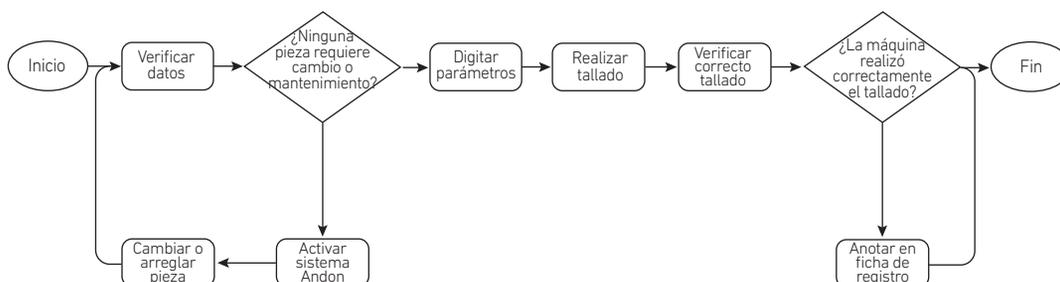


Figura 6
Activación de luz verde al no detectar falla



Asimismo, en la Figura 7 se presenta un flujograma del proceso de tallado con verificaciones de calidad y el sistema Andon implementados.

Figura 7
Flujograma de proceso de tallado propuesto



Para la implementación de herramienta TPM (mantenimiento planificado), se diseñó una hoja para registrar los mantenimientos realizados en una máquina. En la Figura 8 se presenta el registro de mantenimiento actual. Sin embargo, para la máquina de tallado no se consideraba una hoja en la que se registren los mantenimientos realizados, por lo que se implementará un nuevo formato de registro de mantenimiento para tal máquina.

Por otro lado, se recopiló información sobre el plan de mantenimiento que se realiza actualmente para la máquina de tallado. Este se divide en mantenimiento por cantidad de cortes (de lo que sí se llevaba un correcto control) y mantenimiento por tiempo de uso. Con esta información, se realizó un nuevo formato para el registro y cumplimiento del cronograma de mantenimiento.

Figura 8
Hoja de registro para la máquina talladora

OXO LABORATORIO OPTICO S.A.C																															
OXO LABORATORIO OPTICO S.A.C		Laboratorio Óptico																													
Equipo																													Modelo:		
N° Serie:																													Código:		
Cronograma Mensual de Mantenimiento																															
Concepto	Octubre																														
	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Limpiar el espacio de trabajo y pantalla táctil																															
Verificar ventiladores de la máquina																															
Calibrar máquina (auto-calibración)																															
Comprobar unidad de refrigeración (chiller)																															
Realizar limpieza de la malla en la bandeja																															
Realizar limpieza a los porta herramienta																															
Limpiar superficie exterior																															
Limpiar cristal protector por dentro																															
Revisar inyectores de refrigeración (boquillas)																															
Mantenimiento de filtro/riño y revisión de neumáticos																															
Verificar el sistema de tensión ABS																															
Cambio de agua de bandeja																															
Realizar limpieza de la bandeja																															
Aplicar activo refrigerante LH - 405 Plus																															

Por último, se mejoró el registro de mantenimiento para la máquina talladora, ya que el que se utilizaba no contemplaba información importante, como el nombre de la compañía, duración del mantenimiento, componentes cambiados, tiempo de recepción de los componentes y disponibilidad de los componentes.

4.2. Componente 2. Reducción de errores humanos

Para este componente se implementó la herramienta *poka-yoke* y un proceso de digitación.

En primer lugar, se identificó que los formatos de la orden de trabajo y el formato del *software* que se emplean para realizar la hoja de cálculo son diferentes. Esto permite que el operario, al realizar la digitación de datos, tenga más probabilidad de error.

Figura 9
Poka-yoke para digitación de datos

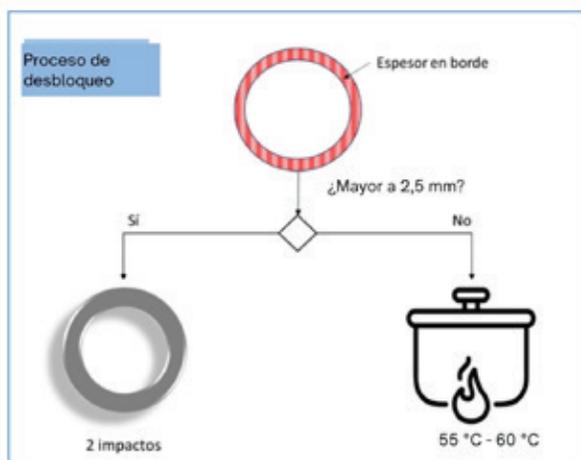
Información del lente			
D	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
I	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Información RX										
D	<input type="text"/>									
I	<input type="text"/>									

Seguimiento info	
A	<input type="checkbox"/>
B	<input type="checkbox"/>
ED	<input type="checkbox"/>
DBL	<input type="checkbox"/>
DBL	<input type="checkbox"/>

Luego, se determinó que el parámetro asociado a las roturas de lentes en este proceso está vinculado con el espesor en los bordes, el cual debe tener un valor mínimo de 2,5 mm para que no se rompa en el momento de ser desbloqueado. Asimismo, no se puede emplear un medidor de espesor, ya que no todos los lentes poseen el diámetro adecuado que deje los bordes por fuera de la chapa. Por ello, se puede visualizar el espesor que obtuvo el lente recién al finalizar la actividad de pulido en la máquina. Ya conociéndose el espesor obtenido por el lente en los bordes, se puede tomar una decisión para la forma de desbloquear el lente.

Figura 10
Poka-yoke para elegir forma de desbloqueo



En la Figura 10 se ven dos métodos diferentes para realizar el desbloqueo de un lente. El primero se utiliza usualmente en el proceso de producción. El segundo no suele ser usado, ya que toma un poco más de tiempo.

4.3. Componente 3. Optimización del flujo de procesos

En este caso, se implementó la herramienta *standard work*. Se identificó que las limpiezas manuales que se realizan antes de ingresar las bases a las actividades de tratamiento antirrayas y antirreflejo requerían de estandarización. También, se realiza una limpieza después del pulido y del desbloqueo.

En las Tablas 2, 3 y 4, se presenta la estandarización de las actividades de limpieza.

Tabla 2

Limpieza de bases antes de tratamiento antirrayas/antirreflejo

STANDARD WORK COMBINATION SHEET								
Operation: Limpieza de bases antes de tratamiento anti rayas/antirreflejo						Date: 10/09/23		
No.	Description	Time	Operating Time (Sec)					
			5	5	5	5	5	5
1	Doblar 2 papeles kimtech en cuatro	10	■					
2	Echar alcohol isop. a un papel kimtech	5		■				
3	Limpiar cara de arriba y abajo	10			■			
4	Secar exceso de alcohol	10					■	

Tabla 3

Limpieza de bases después de desbloqueo

STANDARD WORK COMBINATION SHEET									
Operation: Limpieza de bases después de desbloqueo							Date: 10/09/23		
No.	Description	Time	Operating Time (Sec)						
			5	5	5	5	5	5	5
1	Doblar 3 papeles kimtech en cuatro	10	■						
2	Echar alcohol isop. a 2 papeles kimtech	5		■					
3	Quitar exceso de laca en bordes	10			■				
4	Limpiar cara de arriba y abajo	10					■		
5	Secar exceso de alcohol	10							■

Tabla 4

Limpieza de bases después de pulido

STANDARD WORK COMBINATION SHEET						
Operation: Limpieza de bases después de pulido					Date: 10/09/23	
No.	Description	Time	Operating Time (Sec)			
			5	5	5	5
1	Sacar de máquina pulidora	5	■			
2	Echar chorros de agua	10		■		
3	Soplar con pistola de aire	10			■	
4	Verificar limpieza	5				■

Para este componente también se implementaron las herramientas 5S.

Seiri (organización)

En primer lugar, se clasificaron los objetos necesarios para el área de trabajo. Se definió que se hará uso de tres tarjetas de colores diferentes (verde, amarillo y rojo). La tarjeta verde se usará para identificar los objetos que se usan constantemente. Por otro lado, la tarjeta amarilla se usará para aquellos que se usan ocasionalmente. Y la roja servirá para identificar los objetos que no se usan en ningún momento.

De este modo, los objetos que tengan tarjetas verdes o amarillas serán reubicados o reparados. Y los objetos que lleven la tarjeta roja serán apartados del área de trabajo.

Seiton (orden)

En segundo lugar, observamos que los objetos y herramientas que se utilizaban no estaban ubicados adecuadamente en el área de trabajo. Asimismo, aunque los objetos tenían lugares para situarlos, no existían lugares para clasificarlos y ubicarlos al final de la actividad.

Figura 11
Área de trabajo



Seiso (limpieza)

En tercer lugar, se identificaron y eliminaron las principales fuentes de suciedad, y también se establecieron reglas y normas para mantener limpia el área de trabajo.

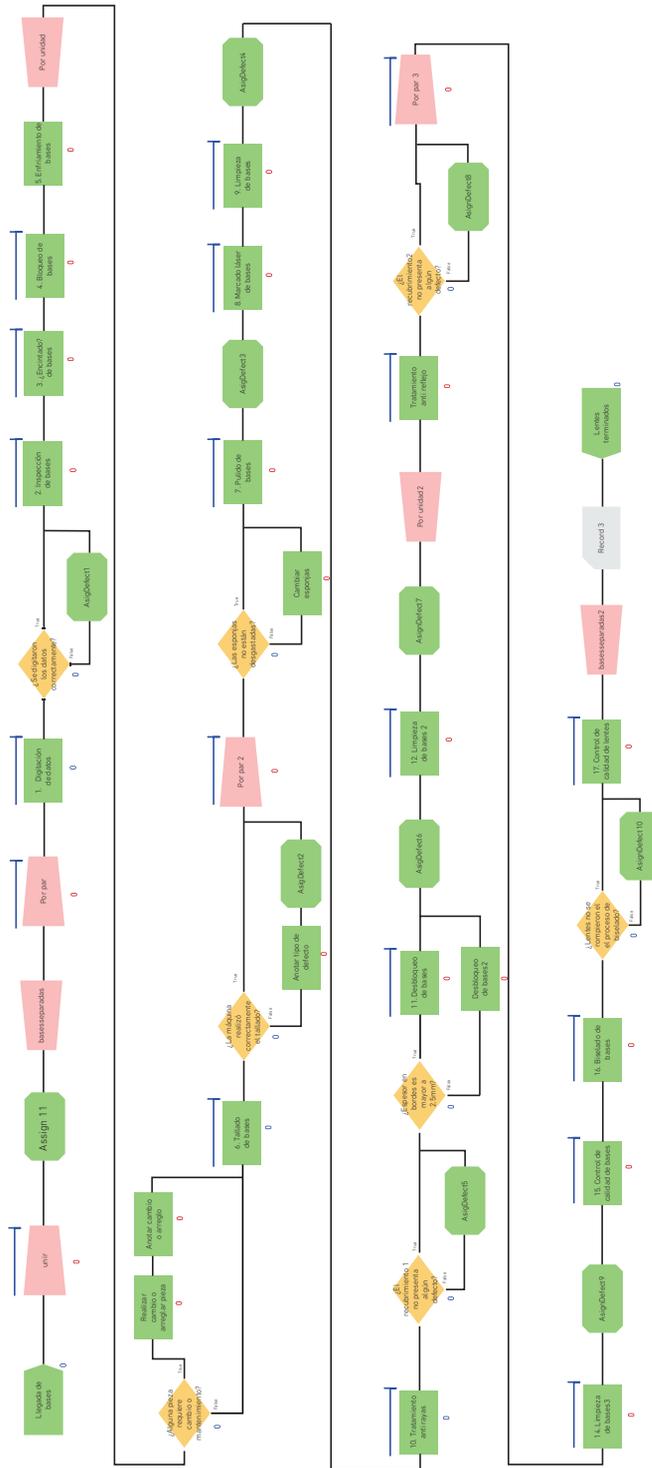
En lo que se refiere a normas y estándares aplicables, cabe mencionar que el laboratorio se rige según la norma ANSI Z187, la cual proporciona requisitos para prevenir lesiones oculares o faciales. Los principales estándares que se deben tener en cuenta se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 5
Valores de tolerancia – norma ANSI Z187

Transmitancia luminosa	85 %
Burbujas, estrías, ondas y otros defectos visibles	0
Neblina	menos de 3 %

En lo que se refiere a validar la propuesta de mejora, es necesario decir que se realizaron treinta replicaciones para representar la producción mensual de lentes.

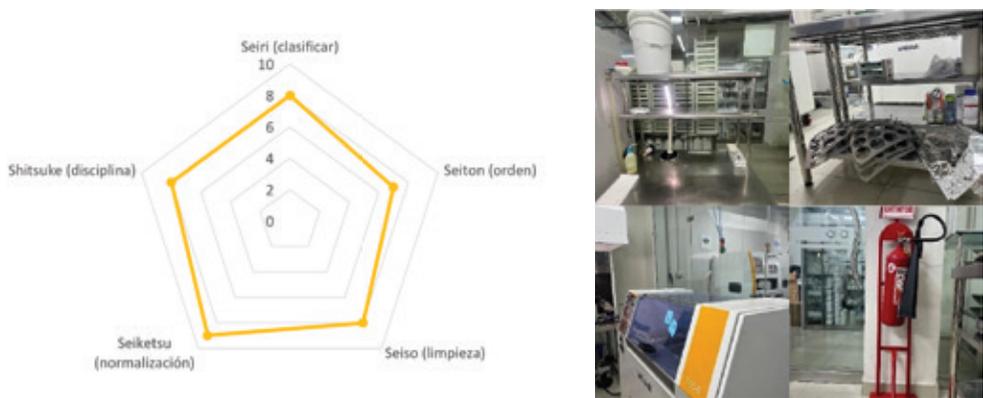
Figura 13
Modelo de mejora del proceso de producción de un lente con antirreflejo



La distribución seleccionada para simular la llegada de órdenes fue NORM (92,9; 18), donde se obtuvo un valor de media 92,9 y un valor de desviación estándar 18. En la Figura 13 se presenta el modelo de simulación con las mejoras aplicadas.

Por otro lado, se realizó una segunda evaluación de 5S con el fin de constatar los resultados de su implementación. A continuación, se presenta el diagrama de radar de la segunda evaluación.

Figura 14
Diagrama de radar segunda evaluación 5S y resultados



Se observa una mejoría en cada una de las 5S con respecto a la evaluación inicial realizada. Para verlo con mayor claridad, en el siguiente diagrama se presenta una comparación entre las dos evaluaciones realizadas.

Figura 15
Comparación de resultados obtenidos en las evaluaciones de 5S



En la segunda evaluación, se obtuvieron mejores puntuaciones para cada una de las 5S. Para *seiri* se obtuvo una diferencia de cuatro puntos; para *seiton*, una diferencia de 7 puntos; para *seiso*, una de 6 puntos; para *seiketsu*, una de 4 puntos; y para *shitsuke*, una de 5 puntos.

Por otro lado, luego de las simulaciones, se obtuvieron variaciones en los valores de los indicadores, presentándose una mejora con respecto al modelo del proceso anterior. Con estos resultados, se puede comprobar la efectividad de las herramientas utilizadas. En la Tabla 6 se comparan los valores del índice de defectuosos del modelo de proceso actual y del modelo propuesto de mejora.

Tabla 6
Comparación del indicador de defectuosos antes y después de la propuesta de mejora

Actividades	Indicador	
	% de defectuosos después de cada proceso antes de la propuesta de mejora	% de defectuosos después de cada proceso después de la propuesta de mejora
Digitación de datos OT	4,81 %	0,73 %
Tallado de bases	0,86 %	0,10 %
Pulido de bases	0,21 %	0,02 %
Limpieza de bases 1	0,16 %	0,05 %
Tratamiento antirrayas	0,69 %	0,14 %
Desbloqueo de bases	0,19 %	0,03 %
Limpieza de bases 2	0,16 %	0,05 %
Tratamiento antirreflejo	0,69 %	0,14 %
Limpieza de bases 3	0,16 %	0,05 %
Biselado de bases	0,28 %	0,08 %
	8,22 %	1,40 %

Asimismo, las fórmulas para calcular los diferentes indicadores se emplearon para realizar el análisis y cálculo de cada uno de ellos (índice de defectuosos, eficiencia, índice de paradas de máquina y tiempo empleado en buscar materiales y herramientas).

Finalmente, se obtuvieron mejoras en lo que respecta al índice de defectuosos, eficiencia, parada de máquinas inesperadas y tiempo de búsqueda. En la Tabla 7 se presenta la comparación de dichos indicadores antes y después de aplicar las herramientas de *lean manufacturing*.

Tabla 7*Comparación de indicadores antes y después de aplicar mejoras*

	Índice de defectuosos (<i>iPd</i>)	Eficiencia (<i>E</i>)	Paradas de máquina inesperadas (<i>iPi</i>)	Tiempo empleado en buscar materiales y herramientas (<i>Te</i>)
Antes de aplicar mejoras	8,22 %	91,78 %	5,00 %	100 %
Después de aplicar mejoras	1,40 %	98,60 %	2,08 %	35 %

Como se observa, se obtuvo una reducción del 6,82 % en el índice de defectuosos y una mejora en la eficiencia. También hubo una mejora del 2,92 % en lo que respecta a las paradas inesperadas de máquina y, por último, una mejora del 65 % en el tiempo empleado en buscar materiales y herramientas.

5. DISCUSIÓN

Los errores son inevitables y es parte de la naturaleza humana cometerlos, especialmente en los procesos de fabricación en los que se aplican requisitos de calidad para maximizar la satisfacción del cliente y mejorar la productividad de la empresa (Wijaya et al., 2020). Con esta frase se comienza la discusión, puesto que el declive de la compañía se debía, principalmente, a errores humanos en las diferentes actividades del proceso de manufactura. Con las metodologías empleadas, si bien no se pudieron perfeccionar las diversas fases del proceso, sí fue posible mejorar el valor de sus indicadores.

Mediante la simulación de un modelo del proceso de manufactura, se obtuvieron resultados favorables. Se redujo poco a poco el porcentaje inicial del índice de defectuosos en las diferentes actividades del proceso. Este conjunto de mejoras permitió reducir este índice de un 8,15 % a un 1,40 %, lo cual refleja la disminución del número de unidades defectuosas manufacturadas al final del proceso. Por otro lado, se incrementó la eficiencia de un 91,78 % a un 98,6 %, lo que representa una mejora en la cantidad de unidades manufacturadas. También se redujo la cantidad de paradas de máquina de forma inesperada: de un porcentaje inicial de 5 % a un porcentaje final de 0,58 %. Finalmente, se redujo el tiempo de búsqueda de materiales y herramientas (de un 100 % a un 35 %), lo que nos indica que se redujo el tiempo improductivo que se toma el operario en buscar los materiales y herramientas necesarias para llevar a cabo sus actividades.

6. CONCLUSIONES

Del presente trabajo de investigación se concluye que, gracias a los métodos aplicados en la propuesta de mejora, se obtuvo una disminución de defectuosos de 8,22 % a 1,4 %. Con ello, se valida la propuesta de mejora para futuras implementaciones.

Para las empresas que deseen emplear diferentes metodologías de *lean manufacturing*, es muy importante tener en cuenta la herramienta 5S, que permite tener orden, limpieza y organización en la compañía. Además, es necesario considerar que las herramientas utilizadas en este trabajo son una inversión pequeña en comparación con las pérdidas que se tiene por defectuosos o cualquier otro problema.

La información fue limitada en el trabajo debido a la falta de artículos relacionados con el sector estudiado. Si bien las herramientas de *lean manufacturing* son conocidas, en el sector óptico existen escasos artículos al respecto.

Las oportunidades para mejorar están presentes en diferentes empresas. Es cuestión de identificarlas con el apoyo del personal respectivo de cada área. Asimismo, existen diferentes herramientas y metodologías que encajan en cada una de las problemáticas halladas.

La aplicación de las herramientas de *lean manufacturing* brindó diversos beneficios para la empresa y los trabajadores. Entre ellos, principalmente los siguientes: aumento de la eficiencia, reducción de defectos en productos, mejores tiempos de ejecución, reducción de costos y reducción de paradas de máquina.

Las herramientas implementadas han demostrado ser efectivas en la mejora del desempeño productivo. Ello se ha reflejado en el aumento de la producción diaria, la disminución en la tasa de defectuosos y la mejora de la calidad del proceso. La reducción en el tiempo de parada también indica una mejor gestión de mantenimiento y una mayor operatividad de las maquinarias utilizadas en el proceso de fabricación.

REFERENCIAS

- Banco Central de Reserva del Perú. (s. f.). *PBI por sectores*. <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/anuales/pbi-por-sectores>
- Banco Santander. (2022, 14 de octubre). *¿Qué es el PIB?* <https://www.santander.com/es/stories/que-es-el-pib-y-por-que-es-importante-en-la-economia>
- Gestión. (2016, 28 septiembre). *Productos oftálmicos: Un mercado que mueve hasta S/ 120 millones en Perú*. <https://gestion.pe/economia/mercados/productos-oftalmicos-mercado-mueve-s-120-millones-peru-147945-noticia/>

- Instituto de Estudios Económicos y Sociales. (2019). *Reporte sectorial n.º 04-2019. Fabricación de productos de plástico*. https://www.sni.org.pe/wp-content/uploads/2019/07/Reporte-Sectorial-Pl%C3%A1sticos_2019.pdf
- Ministerio de la Producción. (2020). *Anuario Estadístico Industrial, MIPYME y Comercio Interno 2020*. (s. f.). <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oec-documentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/996-anuario-estadistico-industrial-mipyme-y-comercio-interno-2020>
- Superintendencia Nacional de Administración Tributaria (2002). *Descripciones mínimas de lentes, monturas y gafas*. <https://www.sunat.gob.pe/legislacion/aduanera/valoracionadua/descripcionesMinimas/DMLentesMonturasGafas.pdf>
- Wijaya, S., Hariyadi, S., Debora, F., & Supriadi, G. (2020). Design and implementation of Poka-Yoke System in Stationary Spot-Welding Production Line Utilizing Internet-of-Things Platform. *Journal of ICT Research and Applications*, 14(1), 34-50. <https://doi.org/10.5614/itbj.ict.res.appl.2020.14.1.3>

Modelo de operaciones aplicando TOC y SLP para incrementar el nivel de servicios en el área de emergencias de un centro de salud privado

Matias Leo Forno

<https://orcid.org/0009-0001-2773-5416>

Universidad de Lima, Perú

20191092@aloe.ulima.edu.pe

Rafaella Teixeira Torterolo

<https://orcid.org/0009-0002-6885-9391>

Universidad de Lima, Perú

20191983@aloe.ulima.edu.pe

Maria Teresa Noriega-Araníbar

<https://orcid.org/0000-0001-6824-1415>

Universidad de Lima, Perú

manorieg@ulima.edu.pe

Recibido: 3 de agosto del 2024 / Aceptado: 15 de septiembre del 2024

Publicado: 25 de abril del 2025

doi: <https://doi.org/10.26439/ciii2024.7794>

RESUMEN. Esta investigación tiene como objetivo reducir el tiempo total de atención por paciente en el área de emergencias de un centro de salud privado en Lima. El tiempo promedio actual es de tres horas y 17 minutos, 37 minutos más del tiempo deseado. Este retraso se refleja en un porcentaje de *walkouts* del 4,79 %. El estudio, con enfoque cuantitativo, diseño cuasiexperimental y alcance explicativo y correlacional, propone un modelo de mejora utilizando teoría de restricciones (TOC, por sus siglas en inglés), planeación sistemática de la distribución (SLP, por sus siglas en inglés) y el *software* Arena Simulation. La implementación logró una reducción del 16,7 % en el tiempo total de permanencia (32,88 minutos), mejoró el tiempo en el box de atención en un 17,4 % (28,62 minutos), y disminuyó el tiempo de espera

en la cola de interconsulta en un 60 % (76,56 minutos). El porcentaje de *walkouts* se redujo a 0 %, con lo que se aumentó la capacidad de atención en 29 pacientes adicionales por día.

PALABRAS CLAVE: teoría de restricciones / planeación sistemática de la distribución / sector salud / mejora de procesos / servicio de emergencias

OPERATIONS MODEL APPLYING TOC AND SLP TO INCREASE THE LEVEL OF SERVICES IN THE EMERGENCY AREA OF A PRIVATE HEALTH CENTER

ABSTRACT. This research aims to reduce the total patient care time in the emergency department of a private healthcare center in Lima. The current average time is 3 hours and 17 minutes, 37 minutes longer than desired. This delay is reflected in a 4.79 % walkout rate. The study, with a quantitative approach, quasi-experimental design, and explanatory and correlational scope, proposes an improvement model using Theory of Constraints (TOC), Systematic Layout Planning (SLP), and Arena Simulation Software. Implementation achieved a 16.7 % reduction in total patient stay time (32.88 minutes), improved box care time by 17.4 % (28.62 minutes), and reduced waiting time in the consultation queue by 60 % (76.56 minutes). The walkout rate dropped to 0%, increasing the capacity to attend to 29 additional patients per day.

KEYWORDS: Theory of Constraints / Systematic Layout Planning / Healthcare Sector / Process Improvement / Emergency Service

1. INTRODUCCIÓN

La pandemia de COVID-19 reveló la limitada capacidad de cobertura del sistema de salud peruano para emergencias, con una respuesta deficiente a la demanda y 1131 muertes por millón de habitantes (Ponce de León, 2021). En 2021, la inversión en salud en Perú fue solo del 6,15 % del PIB, muy por debajo de países como Argentina y Chile, con 9,71 % y 9,34 %, respectivamente, lo que prueba que el Perú está por detrás de sus pares en esta industria clave para su población (Statista, 2021).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018), el 60,2 % de los encuestados en centros de salud expresó su descontento frente a los altos tiempos de espera en emergencias. En la clínica estudiada, el tiempo promedio de atención es de tres horas y 17 minutos, 37 minutos más que el objetivo. El Net Promoter Score, que mide el nivel de satisfacción, arroja un promedio de 25,26, y el porcentaje de *walkouts* es de 4,79 %, lo que indica la existencia de pacientes que se retiran dado los largos tiempos de espera.

Para una búsqueda de la mejora de la capacidad de atención, las preguntas que surgen son ¿cuáles son los métodos de optimización más usados en el sector salud y cómo estos se pueden utilizar para mejorar y automatizar al máximo los procesos internos de un servicio de emergencias?, ¿cuál es el impacto de estas metodologías en la gestión y en las ganancias de un servicio de emergencias?

Se toma el caso del área de emergencias de un centro de salud privado ubicado en Lima, Perú. Tupayachy Quispe et al. (2019) usaron la teoría de restricciones (TOC) y el *software* Arena para identificar cuellos de botella, proponer soluciones y simular mejoras. León Effio y Rodríguez Quispe (2021) también aplicaron TOC para encontrar y resolver cuellos de botella en emergencias.

Sasanfar et al. (2021) aplicaron en Irán la planeación sistemática en la distribución (SLP) para mejorar la disposición de espacios en emergencias y optimizar el flujo de trabajo. La simulación permitió un análisis exhaustivo de los cuellos de botella, lo que llevó a proponer distribuciones alternativas para crear una secuencia lógica entre los espacios y aumentar el tamaño de los procesos más críticos.

Taype-Huamaní et al. (2019) lograron reducir, en un centro médico público peruano, el tiempo de permanencia promedio (de cuatro a tres horas) mediante un equipo de facilitadores. Ryan et al. (2013) combinaron TOC y pensamiento ágil para encontrar y eliminar cuellos de botella en emergencias y así proponer mejoras en base a un mapa de flujo de valor (*value stream mapping*).

El objetivo del presente trabajo es optimizar los procesos en el área de emergencias de un centro de salud mediante SLP y TOC para reducir los tiempos de atención prolongados.

2. METODOLOGÍA

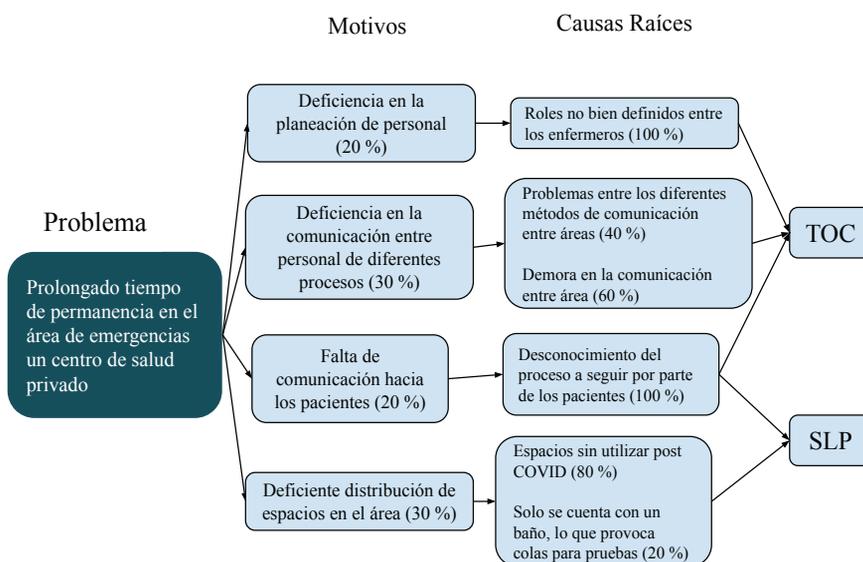
La investigación tiene un enfoque cuantitativo, basado en el análisis de datos concretos y numéricos para describir, explicar y predecir situaciones, así como para probar propuestas de solución. El diseño es cuasiexperimental, ya que usa intervenciones específicas (TOC, SLP y simulación de procesos) y mide sus efectos en variables dependientes (tiempo de permanencia de pacientes, tiempo en el box y tiempo de espera en la cola de interconsulta), sin asignar aleatoriamente a los sujetos a los grupos de tratamiento.

El alcance es explicativo y correlacional; más allá de analizar los tiempos de cada proceso en la clínica, se buscan las causas de los tiempos prolongados y cómo se relacionan las variables involucradas en un contexto específico para cumplir un objetivo. Se realizará una simulación para obtener una visión detallada de la operación del servicio, y se propondrán mejoras con la teoría de restricciones (TOC) y la metodología de planificación sistemática del diseño (SLP). El alcance se limita a los procesos y pacientes del área de emergencias, que se enfocan en el tiempo y la cantidad total de atenciones por unidad de tiempo.

Las limitaciones del proyecto radican en los datos a recopilar, debido a la aleatoriedad en los tiempos de llegada. Además, aplicar mejoras basadas en estos datos podría implicar costos adicionales que la empresa podría decidir no asumir. Para definir los problemas, se aplicó un diagrama de árbol, donde se identificaron las causas raíz del alto tiempo de atención en emergencias. Luego, se relacionaron estas causas con las herramientas de ingeniería a aplicar, descritas más adelante.

Para la recopilación de datos, se realizó un *focus group* dirigido al personal del área de emergencias y al equipo de operaciones del centro de salud. El objetivo fue identificar las causas del tiempo prolongado de permanencia en la sala de emergencias y evaluar la percepción de los tiempos de espera y las causas de los retrasos. El personal interno incluyó médicos y administrativos.

Figura 1
Causas raíz y su herramienta



Este trabajo aplicó las herramientas TOC y SLP junto con el *software* de simulación Arena, seleccionadas tras una revisión sistemática de la literatura. Primero, la teoría de restricciones (TOC) se usó para identificar y abordar cuellos de botella, con base en la premisa de que el desempeño de un sistema está limitado por restricciones clave. El proceso incluyó identificar restricciones mediante datos del *focus group*, usar el diagrama *why-why* para desglosar causas raíz, evaluar el impacto de cada restricción y enfocar soluciones prioritarias, que se modelaron y probaron en Arena.

En segundo lugar, la planeación sistemática de la distribución (SLP) optimiza la distribución de espacios, donde evalúa el flujo y la disposición de recursos (Maina et al., 2018). Aunque comúnmente se usa en industrias, su aplicación en centros de salud es viable, como mostraron Sasanfar et al. (2021). SLP incluye el análisis del diseño actual, la identificación de problemas en la disposición y el flujo, y la elaboración de planos con nuevas acomodaciones para mejorar la eficiencia, como la reubicación de equipos.

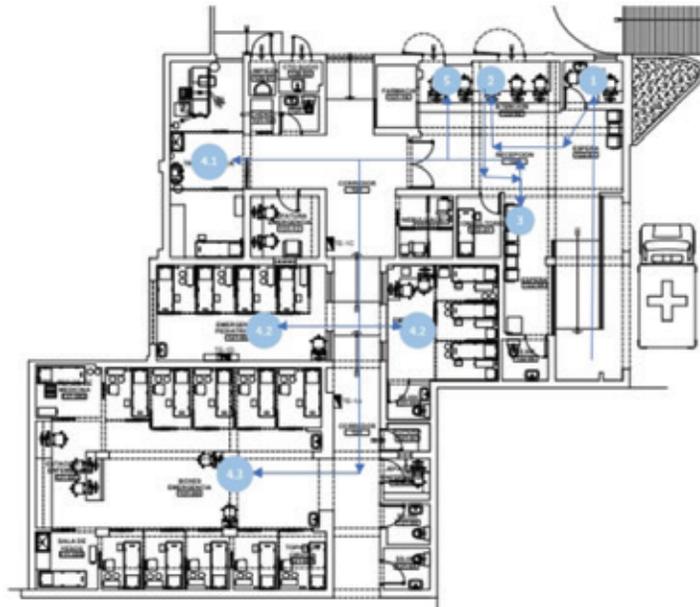
Finalmente, la simulación de procesos en Arena imita operaciones reales para evaluar y tomar decisiones (Candelaria et al., 2011; Giraldo et al., 2019). El *software* permite evaluar procesos de atención médica y validar propuestas de mejora mediante la creación de modelos que simulan ajustes para incrementar la eficiencia y capacidad de atención en el área de emergencias.

3. RESULTADOS

Para realizar un análisis correcto del caso de estudio usando las herramientas mencionadas, se presentan a continuación el plano y el croquis del área de emergencias, el diagrama del flujo del proceso de emergencias y la tabla con los tiempos de cada subproceso.

Figura 2

Plano del área de emergencias



1 Área de triaje; 2 Admisión; 3 Sala de espera; 4.1 Traumashock;
4.2 Emergencias pediátricas; 4.3 Emergencia adultos

Nota. Información proporcionada por el centro de salud.

Tabla 1

Datos cuantitativos del proceso de atención por día

Periodo	# atenciones	Promedio espera Admisión	Promedio espera Atención	Promedio tiempo Laboratorio	Promedio tiempo Imágenes	Promedio atención efectiva	Promedio atención total
Junio – Agosto 2023	154	00:03:29	00:30:47	02:12:44	04:26:26	02:21:16	03:14:28

Figura 3
Flujo del proceso de atención en emergencias

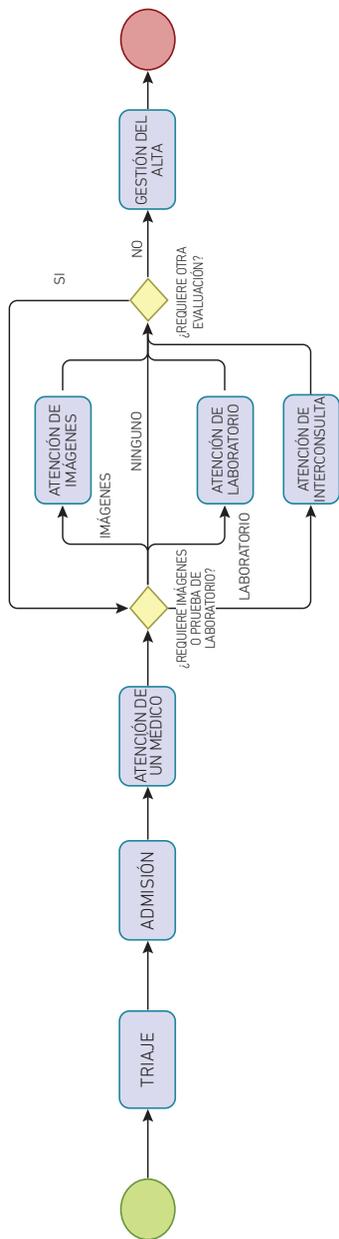


Figura 4
Simulación as-is del proceso de emergencias

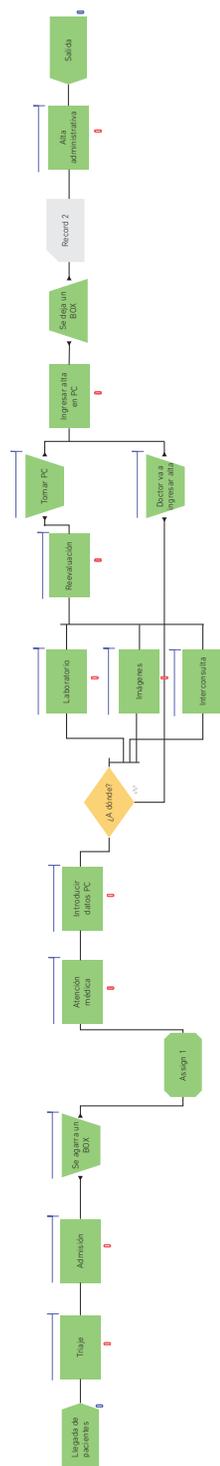


Tabla 2
Tiempos obtenidos de simulación as-is

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Tiempo en box	2.7451	(Insuf)	.97642	9.7946	141
Paciente.VATime	2.6055	(Insuf)	1.3153	4.9106	141
Paciente.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	141
Paciente.WaitTime	.67756	(Insuf)	.00000	7.1903	141
Paciente.FranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	141
Paciente.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	141
Paciente.TotalTime	3.2830	(Insuf)	1.3545	10.612	141
Reevaluación.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	101
Toma PC.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	101
Admisión.Queue.WaitingTime	.03272	(Insuf)	.00000	.31951	141
Interconsulta.Queue.WaitingTime	2.1252	(Insuf)	.00000	6.4223	32
Atención médica.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	141
Imágenes.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	30
Laboratoriol.Queue.WaitingTime	.11896	(Insuf)	.00000	.56759	39
Se agarra un BOX.Queue.WaitingTime	.09434	(Insuf)	.00000	.85639	141
Doc va a dar el alta.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	40
Triaje.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	141
Introducir datos PC.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	141
Alta administrativa.Queue.WaitingTime	.03527	(Insuf)	.00000	.29048	141
Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Paciente.WIP	16.183	(Insuf)	.00000	29.000	.00000
Interconsulta 1.NumberBusy	.75782	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Interconsulta 1.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Interconsulta 1.Utilization	.75782	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Interconsulta 3.NumberBusy	.73767	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Interconsulta 3.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Interconsulta 3.Utilization	.73767	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Interconsulta 2.NumberBusy	.73363	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Interconsulta 2.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Interconsulta 2.Utilization	.73363	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000

Se aplicó la metodología de teoría de restricciones (TOC) para identificar y abordar los cuellos de botella críticos del sistema. Se desarrolló una simulación (véase la Figura 5), cuyos resultados se presentan en la Tabla 2, que permite priorizar los cuellos de botella que extendían el tiempo total. La mayor demora se encontró en los boxes de atención, con un promedio de 2,7451 horas, mientras que el tiempo de espera para interconsulta promediaba las 2,1252 horas. Los altos porcentajes de uso de recursos en esta área, siendo médicos y no máquinas, llevaron a enfocar los esfuerzos en mejorar la zona de boxes. Se elaboró un croquis para simplificar la ubicación y planificar las mejoras.

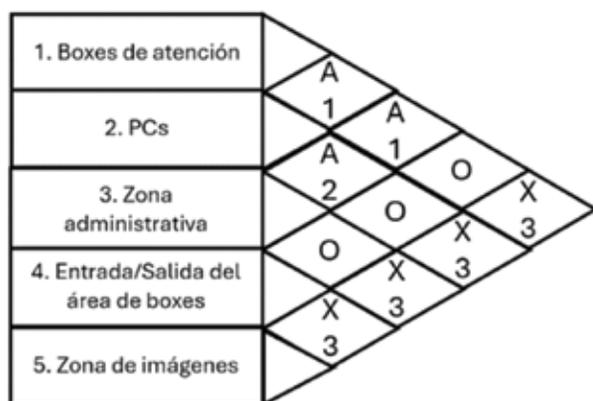
Figura 5
Croquis as-is de los boxes de emergencia



Considerando el prolongado tiempo en los boxes de la Tabla 2, se realizó una investigación para modificar esa zona y aprovechar mejor el espacio con metodologías y herramientas de SLP. Mediante un diagrama relacional de espacios, se evaluó la importancia de la proximidad entre los lugares clave en la atención en boxes. Para esto, se asignaron niveles de importancia según la cercanía de los lugares donde ocurren procesos durante la atención al paciente.

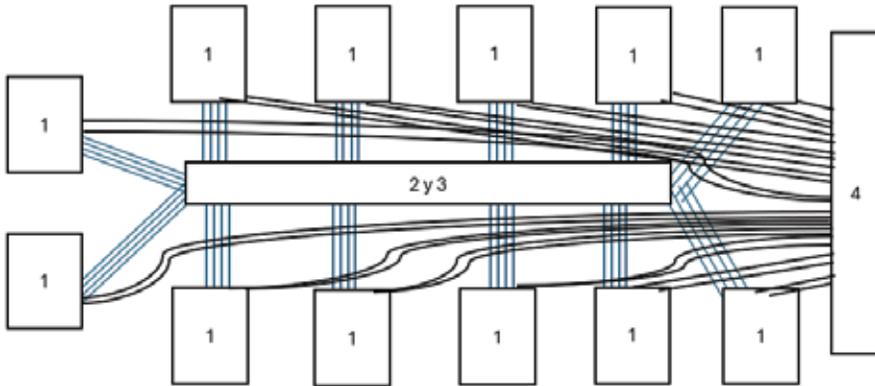
Figura 6

Tabla relacional del recorrido



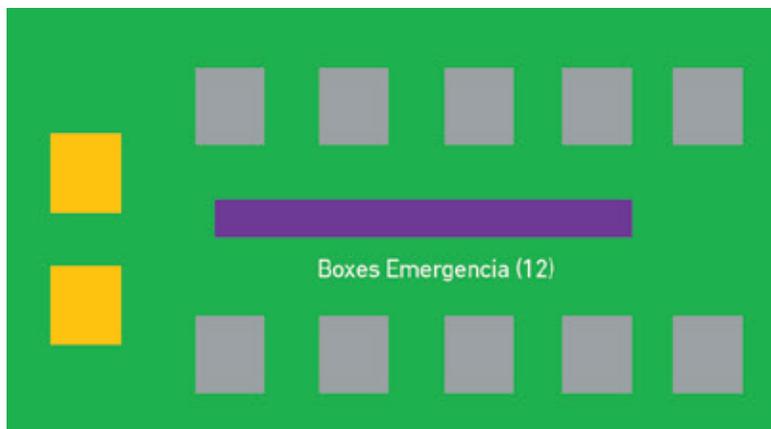
Los boxes deben estar lo más cerca posible de la parte administrativa y de las PC (1), ya que médicos y enfermeras alternan entre estos elementos para completar información y realizar solicitudes de apoyo de laboratorio, imágenes o interconsultas. Las computadoras y el área administrativa se agrupan, porque la mayoría de ellas se encuentran en el *counter* de administración (2). El área de imágenes debe estar separada del resto para contar con un espacio especial para las máquinas (3). El diagrama relacional de recorrido propuesto en la Figura 7 muestra cómo acercar el área administrativa a la mayor cantidad posible de boxes.

Figura 7
Diagrama relacional del recorrido



En la Figura 7, se observa cómo, al poner el área administrativa y las computadoras al medio (puntos 2 y 3), la relación de mayor prioridad, entre estas y los boxes de atención, es representada por líneas más cortas, lo que significa que el personal se traslada menos para sus labores que si se considerase la distribución actual del ambiente. Gracias al uso de la metodología anterior se notó la posibilidad de reubicar el área administrativa y permitir la inclusión de dos boxes adicionales. A continuación, la Figura 8 presenta el croquis que refleja la redistribución en la zona de boxes de emergencia.

Figura 8
Croquis what-if de los boxes de emergencia



El croquis muestra la propuesta de mejora de espacios. Al mover la zona de PC al centro del área, se pueden implementar hasta dos boxes más (en amarillo) y agregar más computadoras, lo cual evita que todas estén ocupadas cuando se necesitan. Además, el tiempo de espera para interconsulta (“Interconsulta.Queue.Waiting.Time”) es de 2,1252 horas, el más prolongado del proceso de emergencias. Por ello, se decidió agregar un médico extra en interconsulta, especializado en traumatología, que trabaja diariamente en lugar de por turnos. Esta decisión se basó en las largas colas y el alto porcentaje de utilización de los médicos (74 %). Agregar un segundo médico extra resultaría en una utilización de solo 27,71 %, lo que implicaría costos adicionales sin productividad suficiente. Con un solo médico adicional, la utilización promedio se ajusta a 66 %.

El aumento en el número de computadoras responde a la petición del área de operaciones del centro de salud, que considera que las actuales son propensas a errores y que los médicos deben esperar a que se restablezca el sistema, ya que las computadoras suelen estar ocupadas. Para validar las propuestas, se ajustaron los recursos y ubicaciones en un nuevo modelo de simulación en Arena. Aunque el flujo del paciente sigue siendo el mismo, los nuevos parámetros representan las mejoras propuestas. Los resultados de ambas simulaciones se compararon mediante indicadores clave.

Tabla 3
Tiempos obtenidos de simulación what-if

Identifiier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Tiempo en box	2.2680	(Insuf)	.98176	4.4611	141
Paciente.VATime	2.6043	(Insuf)	1.3157	4.6930	141
Paciente.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	141
Paciente.WaitTime	.13083	(Insuf)	.00000	.95689	141
Paciente.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	141
Paciente.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	141
Paciente.TotalTime	2.7351	(Insuf)	1.3157	5.0772	141
Reevaluación.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	105
Toma PC.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	105
Admisión.Queue.WaitingTime	.04424	(Insuf)	.00000	.42831	141
Interconsulta.Queue.WaitingTime	.08498	(Insuf)	.00000	.66716	32
Atención médica.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	141
Imágenes.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	37
Laboratoriol.Queue.WaitingTime	.08561	(Insuf)	.00000	.55296	36
Se agarra un BOX.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	141
Doc va a dar el alta.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	36
Triage.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	141
Introducir datos PC.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	141
Alta administrativa.Queue.WaitingTime	.04544	(Insuf)	.00000	.36240	141
Identifiier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Paciente.MIP	16.473	(Insuf)	.00000	23.000	.00000
Interconsulta 1.NumberBusy	.64321	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Interconsulta 1.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Interconsulta 1.Utilization	.64321	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Interconsulta 3.NumberBusy	.56115	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Interconsulta 3.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Interconsulta 3.Utilization	.56115	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Interconsulta 2.NumberBusy	.67595	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Interconsulta 2.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Interconsulta 2.Utilization	.67595	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Interconsulta 4.NumberBusy	.59611	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Interconsulta 4.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Interconsulta 4.Utilization	.59611	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000

Luego de la implementación de mejoras en el simulador, se obtuvieron los resultados que se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4*Comparación de resultados de mejoras en el simulador*

Indicador	Simulación as-is	Simulación what-if
Tiempo total	3,283 horas	2,735 horas
Tiempo en box	2,745 horas	2,268 horas
Tiempo de espera interconsulta	2,125 horas	0,849 horas
Utilización de médico: interconsulta 1	75,7 %	64,3 %
Utilización de médico: interconsulta 2	73,3 %	67,5 %
Utilización de médico: interconsulta 3	73,7 %	56,1 %

Con estos resultados, se logró una reducción de 32,88 minutos en el tiempo total de permanencia de un paciente en emergencias, lo que equivale a una disminución del 16,7 %. El tiempo en el box mejoró en 28,62 minutos (17,4 %) y el tiempo de espera en la cola de interconsulta se redujo en 76,56 minutos (60 %), lo que evidencia una mayor eficiencia en la gestión de interconsultas. La disminución en la utilización de médicos en interconsulta permite una mejor gestión del tiempo y una asignación de tareas más eficiente.

Con una muestra de 37 días de atención, se atendió un promedio de 149 pacientes diarios, considerando el funcionamiento continuo del área de emergencias (24 horas al día los siete días de la semana). Este número incluye pacientes de ambos sexos a partir de los catorce años, ya que los menores a esta edad son atendidos en pediatría. Se logró la reducción del tiempo de atención por paciente en 32,88 minutos, con lo cual es posible atender a 29 pacientes adicionales por día.

Se realizó un análisis financiero para evaluar la inversión y los ingresos adicionales. La inversión incluye la contratación de un médico, la construcción de dos boxes y la remodelación del área de enfermeras. Los costos de los boxes y la remodelación son únicos, mientras que el costo del médico es mensual. Los detalles de los costos y el desglose para cada box, conforme a las normas del Ministerio de Salud (1996, 2007), se presentan en las tablas 5, 6 y 7.

Tabla 5*Costo de un box*

Concepto	Costo unitario (S/.)	Unidades	Costo total (S/.)
Camilla	392,7	1	392,70
Tomacorrientes de 2 entradas	18,2	3	54,60
Aire acondicionado	1 699	1	1 699
Conectores de gas en pared	371,7	6	2 230,20
6 metros de manguera conductiva de gas	511,21	3	1 533,63
Flujómetro de aire	156,56	1	156,56
Válvula	465,64	2	931,28
Total			6 997,87

Con la capacidad para atender a 29 pacientes adicionales, se estima un incremento de siete pacientes nuevos al día, equivalente al promedio de *walkouts*. Este número de pacientes es adicional al promedio estimado de 149. Según el sitio web del centro de salud, el costo promedio de una consulta de emergencia es de S/ 350 por paciente. Por lo tanto, los ingresos adicionales generados por atender a los pacientes que anteriormente se retiraban serían aproximadamente S/ 2450 diarios.

Tabla 6

Ingresos diarios por implementación de propuestas

	Sin propuesta	Con propuesta
% walkouts/día	4,79 %	0 %
Clientes atendidos/día	149	156
Costo de consulta	S/ 350	S/ 350
Ingreso/día	S/ 52 150	S/ 54 600
Incremento de ingreso diario		S/ 2 450

Tabla 7

Balance económico de la propuesta

	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Ingreso		S/ 49 000	S/ 49 000	S/ 49 000	S/ 49 000	S/ 49 000	S/ 49 000
Gasto	S/ 44 294	S/ 17 000	S/ 17 000	S/ 17 000	S/ 17 000	S/ 17 000	S/ 17 000
Balance	-S/ 44 294	S/ 32 000	S/ 32 000	S/ 32 000	S/ 32 000	S/ 32 000	S/ 32 000
Acumulado	-S/ 44 294	-S/ 12 294	S/ 19 706	S/ 51 706	S/ 83 706	S/ 115 706	S/ 147 706

Con los cálculos anteriores, se procedió a hacer un balance de los ingresos y egresos producto de las propuestas de mejora. Considerando una inversión de 44 294 soles, el TIR del proyecto es de 67 % y el tiempo de recupero para este dinero sería de 1,38 meses. En base a estos dos indicadores, se concluye un plan bastante rentable para la empresa en caso decidiese aplicar las mejoras mencionadas.

4. DISCUSIÓN

Desde el inicio del proyecto, el objetivo principal fue reducir el tiempo de espera en el área de emergencias del centro de salud. El indicador clave de efectividad, el tiempo total de atención por paciente, se redujo en un 16,7 %, lo que permite atender a más pacientes diarios y alivia la carga laboral de los médicos, como se refleja en la utilización de recursos humanos. Este impacto cumple con las expectativas de las partes interesadas. En términos económicos,

la inversión necesaria para la implementación se recuperaría rápidamente, como se muestra en la Figura 13. Comparado con un proyecto similar de León Effio y Rodríguez Quispe (2021), que tuvo un TIR del 12 %, esta investigación alcanza un TIR del 67 %, lo que resulta así mucho más rentable.

Los resultados muestran una reducción del tiempo de atención a 164,10 minutos. Esto aumenta la capacidad de atención en un 19,47 %, aunque queda un 12,47 % para alcanzar el objetivo planteado. Taype-Huamaní et al. (2019) reportan un tiempo de permanencia promedio de 198 minutos en un centro de salud similar, 33,9 minutos más que el tiempo logrado en este proyecto. Sasanfar et al. (2021) reportan una reducción del 23,18 % en el tiempo de espera al aplicar SLP, lo que sugiere que podría ser posible reducir aún más el tiempo con esta herramienta, ya que en este estudio la reducción fue del 13,16 %.

Tupayachy Quispe et al. (2019) usaron TOC para reducir la cantidad de personas sin atención médica, de manera similar a este proyecto, que también reduce el tiempo de atención y puede atender hasta 29 pacientes adicionales al día. Ryan et al. (2013) muestran la combinación de TOC con otras herramientas para encontrar cuellos de botella en emergencias, una estrategia aplicada también en este trabajo. León Effio y Rodríguez Quispe (2021) lograron aumentar los ingresos de un centro de salud privado en Lima, Perú, en 38 755,16 soles. En comparación, el trabajo presentado genera un aumento de 32 000 soles mensuales para la clínica.

Para futuros trabajos, proponemos usar este estudio como referencia para mejorar los tiempos de atención en otros centros de salud en Perú y en el extranjero, especialmente en el sector público. Además, sugerimos explorar la combinación de otras herramientas de ingeniería, como *lean*, 5s y SLP, para optimizar la calidad del servicio en emergencias y reducir al mínimo los tiempos del proceso.

5. CONCLUSIONES

Tras implementar las mejoras en emergencias, se redujo el tiempo promedio de atención por paciente en 32,88 minutos, un 16,7 % menos. Esto ha llevado a una atención más eficiente, que mejora la experiencia del paciente y optimiza la gestión de interconsultas. Además de ello, la propuesta generó un impacto económico positivo, pues aumentó la capacidad de atención y eliminó el porcentaje de pacientes que abandonaban el lugar sin ser atendidos. Esto se traduce en un ingreso adicional aproximado de 2450 soles diarios para el centro.

Para el análisis y la creación de propuestas de mejora, el uso de TOC y SLP resultó crucial. Estas herramientas fueron de gran utilidad, se aplicaron según lo planeado y dieron grandes resultados. Para futuros trabajos, se recomienda combinar diferentes herramientas de ingeniería en áreas de emergencia para encontrar el mejor modelo. Por ejemplo, White et al.

(2014) aplicaron el sistema *lean*, que logró una reducción de quince minutos en el tiempo de permanencia en un centro de salud.

REFERENCIAS

- Candelaria, B., Ruiz, O., Gallardo, F., Pérez, P., Martínez, A., & Vargas, L. (2011). Aplicación de modelos de simulación en el estudio y planificación de la agricultura, una revisión. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(3), 999-1010. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000300004&lng=es&nrm=iso
- Giraldo-García, J., Castrillón-Gómez, O., & Ruiz-Herrera, S. (2019). Simulación discreta y por agentes de una cadena de suministro simple incluyendo un Sistema de Información Geográfica (SIG). *Información Tecnológica*, 30(6), 123-136. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600123>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Usuarios esperan más de una hora para ser atendidos en un establecimiento de salud*. <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/usuarios-esperan-mas-de-una-hora-para-ser-atendidos-en-un-establecimiento-de-salud-7823/>
- León Effio, A., & Rodríguez Quispe, S. (2021). *Estudio para la implementación de una mejora en el proceso en el área de emergencia de la clínica Sanna El Golf* [Tesis de licenciatura, Universidad de Lima]. Repositorio institucional de la Universidad de Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/15038>
- Maina, E., Muchiri, P., & Keraita, J. (2018). Improvement of Facility Layout Using Systematic Layout Planning. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 8(5), 33-43. https://www.researchgate.net/publication/343933478_Improvement_of_Facility_Layout_Using_Systematic_Layout_Planning
- Ministerio de Salud del Perú. (1996). *Normas técnicas para proyectos de arquitectura hospitalaria*. Dirección General de Salud de las Personas y Dirección Ejecutiva de Normas Técnicas para Infraestructura en Salud. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/417632/-456272725980287643720191106-32001-14pe3tk.pdf?v=1573077483>
- Ministerio de Salud. (2007). *Norma técnica de salud de los servicios de emergencia NT N° 042-MINSA/DGSP-V.01*. Dirección General de Salud de las Personas y Dirección de Servicios de Salud. <http://bvs.minsa.gob.pe/local/dgsp/NT042emerg.pdf>
- Ponce de León, Z. (2021). *Sistema de salud en el Perú y el COVID-19. Documento de política pública*. Escuela de Gobierno y Políticas Públicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/176598>

- Ryan, A., Hunter, K., Cunningham, K., Williams, J., O'Shea, H., Rooney, P. & Hickey, F. (2013). STEPS: Lean Thinking, Theory of Constraints and Identifying Bottlenecks in an Emergency Department. *Irish Medical Journal*, 106(4), 105-106. <https://www.imo.ie/news-media/publications/April%202013%20IMJ%20Volume%20106%20Number%204.pdf#page=9>
- Sasanfar, S., Bagherpour, M., & Moatari-Kazerouni, A. (2021). Improving emergency departments: Simulation-based optimization of patients waiting time and staff allocation in an Iranian hospital. *International Journal of Healthcare Management*, 14(4), 1449-1456. <https://doi.org/10.1080/20479700.2020.1765121>
- Statista. (2021). *Ranking de los países de América Latina y el Caribe con mayor gasto público en salud como porcentaje del PIB en 2021*. <https://es.statista.com/estadisticas/1270377/paises-con-mayor-gasto-sanitario-como-porcentaje-del-pib-en-latinoamerica/>
- Taype-Huamaní, W., Chucas-Ascencio, L., De la Cruz-Rojas, L., & Amado-Tineo, J. (2019). Tiempo de espera para atención médica urgente en un hospital terciario después de implementar un programa de mejora de procesos. *Anales de la Facultad de Medicina*, 80(4), 438-442. <https://dx.doi.org/10.15381/anales.v80i4.16705>
- Tupayachy Quispe, D. T., Pareja Daza, B. P., & Carrillo Monteagudo, J. C. (2019, 24-26 de julio). *Model simulation for improving processes in a neoplastic hospital* [Presentación de escrito]. En *17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology. Industry, Innovation, and Infrastructure for Sustainable Cities and Communities*, Jamaica. https://www.laccei.org/LACCEI2019-MontegoBay/full_papers/FP260.pdf
- White, B., Chang, Y., Grabowski, B., & Brown, D. (2014). Using Lean-Based Systems Engineering to Increase Capacity in the Emergency Department. *The Western Journal of Emergency Medicine*, 15(7), 770-776. <https://doi.org/10.5811/westjem.2014.8.21272>

Mejora del cumplimiento de pedidos mediante triple suavización exponencial, ABC y programación lineal en una empresa de *delivery* de bebidas alcohólicas

Ruth Angela Alarcon Carhuallanqui
<https://orcid.org/0009-0005-0734-373X>
Facultad de Ingeniería Industrial
Universidad de Lima, Perú
20190031@aloe.ulima.edu.pe

Andrea del Pilar Merino Cafferata
<https://orcid.org/0009-0001-6215-6524>
Facultad de Ingeniería Industrial
Universidad de Lima, Perú
20191279@aloe.ulima.edu.pe

Rafael Mauricio Villanueva Flores
<https://orcid.org/0000-0003-1056-251X>
Facultad de Ingeniería Industrial
Universidad de Lima, Perú
rvillan@ulima.edu.pe

Recibido: 3 de agosto del 2024 / Aceptado: 12 de septiembre del 2024

Publicado: 25 de abril del 2025

doi: <https://doi.org/10.26439/ciii2024.7795>

RESUMEN. En el contexto comercial actual, la implementación del comercio electrónico se está volviendo cada vez más prevalente en el territorio peruano, lo que genera diversos desafíos en la gestión del sistema de suministro de las empresas. Esta investigación se enfoca en la aplicación de herramientas de ingeniería, como la clasificación ABC, la triple suavización exponencial y la programación lineal, en la gestión de una empresa de *delivery* de bebidas

alcohólicas, con el objetivo de aumentar la tasa de cumplimiento de pedidos. La propuesta de mejora se desarrolla considerando las limitaciones enfrentadas por las empresas minoristas en Perú. Inicialmente, se pronostica la demanda del mercado de pedidos de bebidas; luego, se clasifican los productos pronosticados para identificar aquellos con mayor rotación e ingresos; y, finalmente, se programa un modelo para minimizar los costos asociados. Como resultado, se alcanzó una tasa del 95 % de cumplimiento de pedidos y se logró una optimización de costos significativa, lo que demuestra la eficiencia lograda.

PALABRAS CLAVE: comercio electrónico, cumplimiento de pedidos, triple suavización exponencial, clasificación ABC, programación lineal

IMPROVING ORDER FULFILLMENT THROUGH TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING, ABC AND LINEAR PROGRAMMING IN AN ALCOHOLIC BEVERAGE DELIVERY COMPANY

ABSTRACT. In the current commercial context, the implementation of e-commerce is becoming increasingly prevalent in the Peruvian territory, which gives rise to several challenges in the management of the companies' supply system. This research focuses on the application of engineering tools, such as ABC classification, triple exponential smoothing and linear programming, in the management of an alcoholic beverage delivery business, in order to increase the order fulfillment rate. The improvement proposal is developed taking into account the constraints faced by retail companies in Peru. Initially, the market demand for beverage orders is forecasted; then, the forecasted products are classified to identify those with higher turnover and revenues; and finally, a model is programmed to minimize the associated costs. As a result, a 95 % order fulfillment rate was achieved and significant cost optimization was reached, which shows the efficiency achieved.

KEYWORDS: e-commerce, order fulfillment, triple exponential smoothing, ABC classification, linear programming

1. INTRODUCCIÓN

La implementación del comercio electrónico fomenta una intensa competencia, pues proporciona a los consumidores un amplio abanico de opciones (Euromonitor, 2023). El presente estudio se centra en el comercio minorista electrónico de alimentos y bebidas, específicamente en el sector de bebidas alcohólicas, el cual es crucial en la economía peruana y tiene un papel significativo en su desarrollo.

El Comité Fabricantes de Cervezas destaca que, cuando se consume de manera moderada, la cerveza desempeña un papel fundamental en la vida social de la población. De este modo, impulsa la cadena de valor y origina 5000 empleos directos y 20 000 empleos indirectos (Sociedad Nacional de Industrias, 2023). Por ejemplo, en 2019 representó aproximadamente el 2,1 % de la contribución al producto bruto interno (PBI) del Perú y el sector de bebidas alcohólicas generó alrededor de 4300 millones de soles en ingresos durante ese mismo año. Además, se convirtió en la principal fuente de recaudación del impuesto selectivo al consumo de bebidas, con un monto total de 2600 millones de soles.

Según Euromonitor (2022), las ventas de bebidas alcohólicas experimentaron un incremento positivo debido al retorno de las interacciones sociales tras la pandemia. La presencia en línea de esta industria la ha beneficiado, al incrementar su visibilidad y mejorar la diversidad de productos disponibles. Esto se ilustra en el lanzamiento de la plataforma de entrega a domicilio TaDa (a cargo de AB InBev) y en la fuerte influencia de compañías como Rappi y PedidosYa. Consecuentemente, las ventas minoristas en línea aumentaron un 9 % en 2022, cuando alcanzaron un valor de 15 500 millones de soles (Euromonitor, 2023).

En el ámbito de este sector, para 2025 se proyecta que el comercio electrónico a nivel global continuará su expansión y alcanzará 7385 billones de dólares, lo que equivale al 24,5 % de todas las ventas minoristas (Lebow, 2021). Sin embargo, se han identificado varias problemáticas a lo largo del proceso de compra en línea en el 2021. Dentro de los 10 685 informes relacionados con la fase de compra, el 47 % de los problemas estuvo relacionado con la falta de entrega de productos y el 31 % se debió a la cancelación de compras, principalmente por la falta de inventario disponible (Cámara Peruana de Comercio Electrónico, 2022).

Frente a este contexto, se evalúa una empresa peruana minorista que comercializa bebidas alcohólicas a través de la web y realiza la entrega de los pedidos a domicilio. La empresa enfrenta desafíos en sus ventas que afectan su eficiencia y competitividad. En el segundo semestre de 2022, no gestionó adecuadamente su aprovisionamiento, lo que resultó en la cancelación de pedidos por falta de suministro frente a la demanda del mercado. Al calcular este indicador clave de rendimiento (KPI, por sus siglas en inglés) con los datos de los meses de julio a diciembre de 2022, se obtuvo un valor promedio de 88,59 % frente a un índice de cumplimiento de pedidos estándar de 95 % (Quiroz-Flores et al., 2023).

Por consiguiente, el objetivo de la investigación es mejorar la tasa de cumplimiento de pedidos en una empresa de *delivery* de bebidas alcohólicas. A partir de la revisión de la literatura, se destaca el valor que aporta cada herramienta de ingeniería seleccionada. La clasificación ABC fue elegida para categorizar los suministros según su relevancia, en base al modelo presentado por Miljenović y Beriša (2022), el cual ha demostrado ser efectivo en negocios minoristas al enfocarse en la reducción de costos.

Asimismo, se determinó que el pronóstico de la demanda mediante el suavizamiento exponencial es una de las herramientas más precisas para estimar la cantidad de suministros requeridos. Según Moiseev (2021), la metodología de triple suavización exponencial es eficaz para predecir valores futuros en series temporales y destaca por su capacidad de ajustar automáticamente un factor de suavización según los patrones presentes en la serie, lo que resulta en pronósticos más precisos.

Como último componente de la propuesta del presente trabajo de investigación, Meisheri et al. (2022) destacan la relación entre la gestión de inventarios y la programación lineal. Esta última permite optimizar las cantidades de pedidos y los puntos de reposición, considerando factores como la demanda, los plazos de entrega y las restricciones. Cabrera Gil-Grados (2017) explica y demuestra que la principal ventaja de la formulación compacta en programación lineal es que simplifica modelos grandes al agrupar variables y restricciones. Esto facilita su manejo y modificación y, de esta manera, se procederá a configurar eficientemente en el lenguaje del *software* Lingo. En conjunto, entonces, se logra obtener la reducción de costos, el aumento en el margen de beneficio y la utilización más eficiente de los recursos disponibles.

2. METODOLOGÍA

La presente investigación, de alcance explicativo, busca identificar las causas y efectos de variables, tales como la cantidad de pedidos de bebidas alcohólicas atendidos y totales, la demanda, y los costos asociados al suministro, almacenamiento y distribución de dichas bebidas. Al comprender las interrelaciones entre estas variables, se intenta proporcionar una visión integral de los procesos estudiados. Para ello, se ha adoptado un enfoque cuantitativo, basado en el análisis de datos numéricos, lo cual permite una medición precisa de las variables y la utilización de técnicas estadísticas para validar los resultados obtenidos. Asimismo, el diseño de la investigación es preexperimental, lo que implica la aplicación de una intervención a una muestra específica con el fin de observar y analizar sus efectos.

En cuanto a la muestra estudiada, la unidad de análisis está compuesta por los pedidos de bebidas alcohólicas de la empresa en estudio. Los pedidos comprenden diversos productos, los cuales serán seleccionados de manera representativa para su análisis. Es relevante señalar que se utilizará un *ticket* promedio con un valor de S/ 68,165 para facilitar el cálculo de indicadores. La cantidad de productos en cada pedido se ajusta de acuerdo con una distribución discreta de DISC (0,5 a 1; 0,7 a 2; 0,9 a 3; 1 a 4).

La empresa mantiene una variedad de 94 productos para su comercialización, los cuales se dividen en varias categorías. No obstante, al calcular la muestra, se omiten los *snacks*, cigarrillos y similares. Con 34 productos en la categoría de licores, se determina el tamaño de la muestra aplicando la siguiente fórmula:

Figura 1

Fórmula de tamaño de muestra para una población finita para la unidad de análisis

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

El tamaño de la población se fijó en 34, con un nivel de confianza de 1,96, proporción esperada de 5 % y precisión de 5 %, lo que resulta en una muestra de treinta productos. Estos se distribuyeron entre las subcategorías de licores, con siete productos de pisco, cuatro de ron, seis de *whisky* y trece de vinos.

En el análisis de la empresa se identificaron dos eslabones críticos: el proceso de aprovisionamiento y la gestión de inventarios de productos. La dependencia de la empresa en el conocimiento empírico sobre el mercado condujo a varios problemas significativos. Principalmente, la empresa enfrentaba un bajo cumplimiento de pedidos debido a la falta de *stock*, lo que impedía satisfacer la demanda de bebidas alcohólicas del público objetivo. Además, el control de los inventarios era ineficiente, ya que los productos no se clasificaban; esto generaba desconocimiento sobre la cantidad de suministro necesaria.

Estos problemas se agravan al considerar los costos asociados a la falta de planeación en el suministro y almacenamiento, que incluye costos de proveedores, transporte y tipos de almacenamiento de las bebidas alcohólicas.

En respuesta a estas necesidades, se decidió implementar herramientas estratégicas. Entre ellas el pronóstico de la demanda mediante la técnica de suavización exponencial, reconocida por su capacidad para identificar patrones de tendencia en datos históricos. Se optó por la variante de triple suavización exponencial de Holt-Winters, que —considerando efectos de nivel, tendencia y estacionalidad— proporciona una proyección más precisa para el estudio. Se utilizará la métrica clave del error porcentual de pronóstico y se procederá a comparar el estado actual, con un valor de 13,82 %, con el objetivo esperado de 10 %.

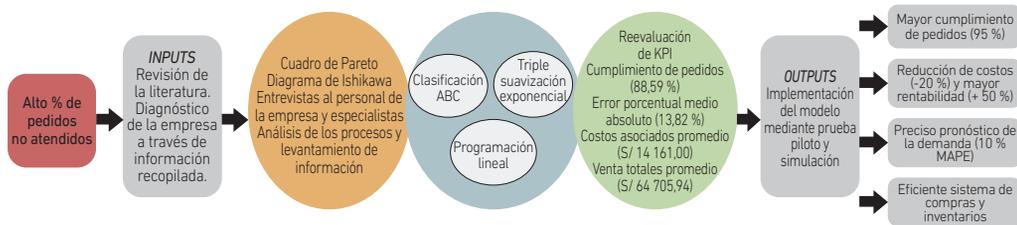
Asimismo, se empleó la clasificación ABC para categorizar los suministros según su rotación y ventas, lo que facilitó la identificación de puntos críticos en la implementación del modelo. Además, se utilizó la programación lineal para definir una función objetivo orientada a la minimización de costos, que permita la visualización de valores óptimos para variables relacionadas con el aprovisionamiento y la gestión de inventarios, con el fin de reducir en aproximadamente un 20 % el indicador actual de costos asociados promedio, que asciende a S/14 161. La implementación de estas herramientas, diseñadas para apoyar el sistema de

suministro de la empresa, también busca generar un incremento en las ventas en aproximadamente un 5 % en comparación con el promedio actual, que se sitúa en S/ 64 705,94.

La capacidad de establecer restricciones hace que esta técnica sea más eficaz en comparación con los modelos matemáticos convencionales.

Figura 2

Diseño macro de la propuesta de solución



Para la triple suavización exponencial, se utilizó Microsoft Excel. Se recopiló la demanda de pedidos de julio a diciembre de 2022 y se fijaron inicialmente los valores de alfa, beta y gamma en 0,5. Luego, se calcularon los componentes de nivel, tendencia y estacionalidad para el primer periodo, con un factor inicial de 0,98 para nivel y estacionalidad, y un rango de tres meses para la tendencia. En los meses siguientes, se aplicaron las fórmulas correspondientes para calcular los componentes mencionados y el pronóstico de la demanda, además del error absoluto y el error porcentual medio absoluto (MAPE, por sus siglas en inglés). Finalmente, se definió una función objetivo para minimizar el MAPE, en la que se fijó que las variables alfa, beta y gamma variaran dentro del rango teórico de 0,1 a 0,9, y se la estableció utilizando el método GRG Nonlinear.

Tabla 1

Método de triple suavizado exponencial o de Holt-Winters

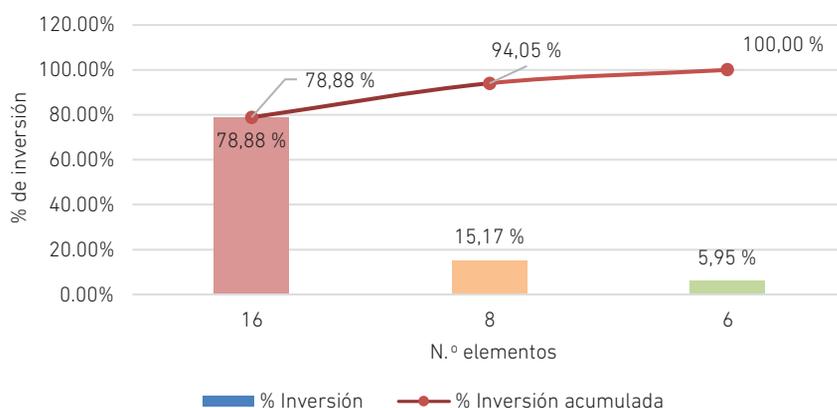
Meses	Data	Nivel	Tendencia	Estacionalidad	Pronóstico	Error	Error porcentual
Julio 2022	592	604,08	76,33	0,98	-	-	-
Agosto 2022	665	658,91	74,18	1,01	667	1,81	0 %
Septiembre 2022	821	804,79	81,35	1,02	738	83,28	10 %
Octubre 2022	1.028	1005,68	93,31	1,02	903	125,23	12 %
Noviembre 2022	1.061	1055,47	88,95	1,01	1123	62,00	6 %
Diciembre 2022	1.522	1475,35	122,05	1,03	1152	369,68	24 %
Enero 2023	1644	1627,10	125,02	1,01	1.644	-	-
MAPE						128,40	10,55 %

Nota. La data representa el *ticket* promedio de bebidas alcohólicas, tal como se detalla en la sección de metodología. En consecuencia, el pronóstico calculado en la tabla se expresa en las mismas unidades.

Se evaluó la evolución de la demanda real y pronosticada, y se ajustaron las variables alfa, beta y gamma según las variaciones del MAPE en cada periodo.

Por otro lado, se implementó la clasificación ABC en una muestra de treinta bebidas, y se analizaron las ventas y unidades vendidas durante un mes. Con esta información, se calculó la inversión y su porcentaje acumulado, se identificaron los productos más significativos, los cuales fueron categorizados en A, B y C, y se evaluó la cantidad en cada categoría, representando los resultados gráficamente.

Figura 3
Diagrama de Pareto



Por último, se empleó la programación lineal mediante el *software* Lingo para lograr la meta de reducción de costos. Se presenta el modelo conciso, el cual incorpora variables directamente relacionadas con los costos asociados a la demanda de pedidos de bebidas alcohólicas y sus procesos de aprovisionamiento y almacenamiento.

Figura 4
Modelo compacto de programación lineal

Índices	Compras (según clasificación ABC)	Proveedores (costos mayoristas y minoristas)	Almacenamiento (<i>coolers</i> y <i>racks</i>)	
Variable de decisión	X_{ij} : Cantidad de bebidas (según el <i>ticket</i> promedio) comprados según clasificación i en el proveedor j			
Datos	CostoProducto i	CostoTransporte j	CostoAlmacenamiento i	Demandai
Función objetivo	$\text{Min } Z(x) = \sum_i \sum_j X_{ij} (\text{CostoProducto}_i + \text{CostoProveedor}_j + \text{CostoAlmacenamiento}_i)$			
Restricciones	Satisfacción de la demanda: $\sum_j X_{ij} \geq \text{Demandai}$		Balance de producto (#Productos comprados = #Productos transportados)	

Figura 5
Modelo en Lingo

```

SETS:
  Clasificacion /A, B, C/: Demanda;
  Proveedor /1, 2/: CostoTransporte;
  Almacenamiento /1, 2/;
  CxP(Clasificacion, Proveedor): X, CostoProducto;
  CxA(Clasificacion, Almacenamiento): Y, CostoAlmacenamiento;
  CxAxP(Clasificacion, Proveedor, Almacenamiento): Z;
ENDSETS

DATA:
  Demanda = 330 62 2; ! Demanda de cada producto;

  CostoProducto = 40.64 28.45
                 20.01 14.01
                 40.65 28.45; ! Costos de productos para cada proveedor;

  CostoAlmacenamiento = 0.9 0.34
                       4.69 1.76
                       11.96 4.49; ! Costos de almacenamiento por almacén;

  CostoTransporte = 0.17 0.12; ! Costos de transporte al proveedor 1 y 2;
ENDDATA

MIN = @SUM(CxP(i, j): CostoProducto(i, j) * X(i, j)) ! Costo de productos;
      + @SUM(CxA(i, k): CostoAlmacenamiento(i, k) * Y(i, k)) ! Costo de almacenamiento;
      + @SUM(CxAxP(i, j, k): CostoTransporte(j) * Z(i, j, k)); ! Costo de transporte;

! Restricciones;

! Satisfacción de demanda;
@FOR(Clasificacion(i):@SUM(Proveedor(j): X(i, j)) >= Demanda(i));

! Balance de Producto: la cantidad comprada debe igualar la cantidad transportada;
@FOR(CxAxP(i, j, k):Z(i, j, k) = X(i, j));

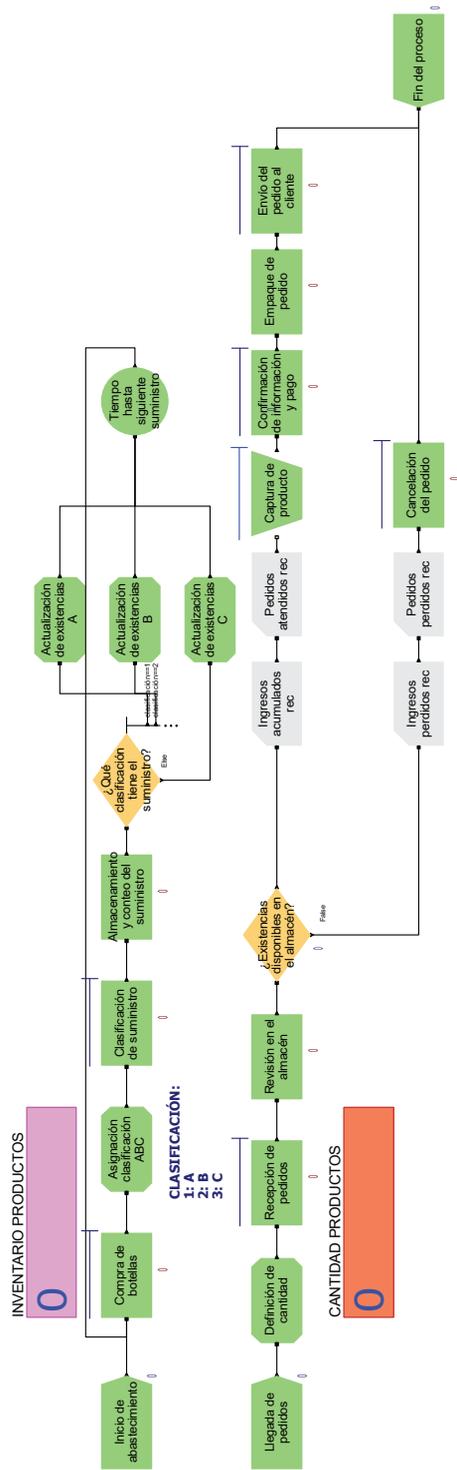
END

```

En resumen, la metodología de esta investigación se ha estructurado para examinar y mejorar la gestión de pedidos de bebidas en la empresa en estudio. Se han implementado la triple suavización exponencial de Holt-Winters, la clasificación ABC y la programación lineal, las cuales han facilitado la optimización de costos y la mejora en la gestión de suministro e inventarios, lo que proporciona una base sólida para mejorar las operaciones de la empresa.

Se utilizó el *software* Arena para validar, mediante simulación detallada, el flujo de procesos de la empresa antes y después de las mejoras implementadas, lo que permitió evaluar indicadores clave y comparar con precisión los resultados obtenidos.

Figura 6
Modelo de simulación mejorado



Se evaluaron indicadores como la cantidad de pedidos perdidos y atendidos, así como los ingresos obtenidos y perdidos. Estas métricas se analizaron con la herramienta “Output Analyzer”, la cual permitió examinar sus valores y desviaciones estadísticas para identificar la variabilidad de las métricas. Esto es crucial, ya que una alta o baja variabilidad podría implicar un riesgo significativo de fluctuaciones en los indicadores. Adicionalmente, se evaluaron los intervalos de confianza y los posibles traslapes entre ellos. Esto fue especialmente importante al comparar las métricas del escenario base con las del modelo mejorado, ya que si los intervalos de confianza no se superponen, se puede concluir que las modificaciones implementadas en el modelo han tenido un impacto significativo en los indicadores. Estas métricas resultan esenciales para comprender el impacto real de las mejoras en el desempeño operativo y financiero de la empresa. La simulación permitió modelar escenarios detallados y prever posibles obstáculos, lo que resultó fundamental para la toma de decisiones.

3. RESULTADOS

Se llevaron a cabo mejoras significativas en el sistema de pedidos, previamente evaluado como ineficiente en términos de aprovisionamiento. Esto se hizo mediante la implementación de la metodología de triple suavización exponencial para el pronóstico de la demanda mensual, técnica que permitió reducir el error porcentual medio absoluto de 13,82 % a 10,55 %. Además, se utilizó la clasificación ABC para optimizar la gestión de inventarios, que segmentó los productos en tres categorías según su relevancia y rotación. Esta segmentación facilitó una gestión más eficiente de los suministros críticos al identificar qué categorías de productos debían ser priorizadas.

La programación lineal, implementada a través del *software* Lingo, permitió una reducción de costos del 26,50 %, mediante la combinación optimizada de recursos y costos por proveedores, transporte y almacenamiento. Se logró un costo optimizado de S/ 10 408,58 por semestre, en comparación con el costo previo de S/ 14 161.

El desarrollo y diseño de estas diversas propuestas para mejorar el sistema de pedidos y la gestión de inventarios no solo incrementaron la eficacia del sistema, sino que también

contribuyeron a aumentar el cumplimiento de pedidos (del 88,59 % al 95,93 %), con lo cual se abordó la principal problemática identificada en el análisis de la empresa. Adicionalmente, esto permitió estimar ventas adicionales de S/ 28 091,10 en el primer semestre, alcanzando S/ 60 646,57 en el último semestre del periodo evaluado.

Tabla 2

Indicadores de resultados

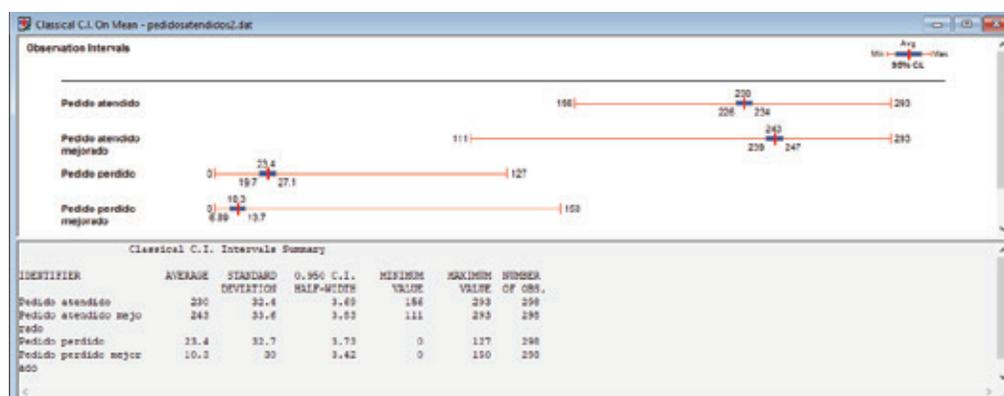
Indicadores	Indicador Inicial	Indicador Actual	Variación (%)
Cumplimiento de pedidos	88,59 %	95,93 %	7,34 %
Error porcentual medio absoluto (MAPE)	13,82 %	10,55 %	-3,27 %
Costos asociados promedio	S/ 14 161,00	S/ 10 408,58	-26,50 %
Ventas totales promedio	S/ 64 705,94	S/ 69 387,79	7,24 %

Asimismo, al analizar, a través del “Output Analyzer”, los indicadores pedidos atendidos y pedidos perdidos, se evidencian mejoras notables en el modelo con su implementación, con valores de *half width* de 3,83 y 3,42, que cumplen con el margen de error establecido. Estos resultados contrastan con el modelo inicial, que presentaba valores de 30,1 y 26,2. Además, el promedio de pedidos atendidos se alinea con la tasa de cumplimiento objetivo del 95,93 %, muy cerca del 95 % esperado, y su baja desviación estándar refleja una consistencia en los datos.

En relación con los ingresos obtenidos e ingresos perdidos, se observan patrones similares, caracterizados por una baja dispersión y un riesgo mínimo de valores extremos.

Figura 7

Análisis en “Output Analyzer” de pedidos atendidos y perdidos (modelo base y mejorado)



Dado que los intervalos de confianza no se superponen, tanto para los pedidos como para los ingresos se puede rechazar la hipótesis nula y concluir que las mejoras implementadas en el modelo han tenido un impacto significativo. El promedio de pedidos atendidos, que se sitúa en 243, con variaciones entre 239 y 247, respalda esta mejora. No obstante, la disminución en el valor mínimo representa un aspecto a considerar en futuras implementaciones.

En último lugar, la validación de las soluciones desarrolladas arrojó resultados favorables, tanto en términos de viabilidad económica como de beneficios para los *stakeholders*. El cálculo del valor actual neto (VAN), que alcanzó S/ 77 046,21, y la tasa interna de retorno (TIR), con un valor de 214,86 %, confirmaron la rentabilidad y viabilidad del proyecto. Para la determinación de estos indicadores, se construyó un flujo de fondos basado en las ventas adicionales generadas por las mejoras implementadas. Además, la inversión inicial resultó considerablemente inferior a las utilidades proyectadas, lo que explica el elevado valor de la TIR. Estos indicadores económicos sugieren que las mejoras no solo aseguraron retornos sustanciales, sino que también garantizan la sostenibilidad a largo plazo, en beneficio de la organización y de sus principales *stakeholders*.

Figura 8
Flujo de fondos económicos

	Semestre 0	Semestre 1	Semestre 2	Semestre 3	Semestre 4	Semestre 5	Semestre 6
Utilidad neta		15,914.79	18,563.01	21,651.89	25,254.77	29,457.16	34,358.83
Capacitaciones y talleres	- 600.00						
Licencia Excel	- 400.00		- 400.00		- 400.00		- 400.00
Tiempo de operarios	- 1,250.00						
Alquiler de camión (transporte)	- 3,900.00	- 3,900.00	- 3,900.00	- 3,900.00	- 3,900.00	- 3,900.00	- 3,900.00
Flujo de caja económico	- 6,150.00	12,014.79	14,263.01	17,751.89	20,954.77	25,557.16	30,058.83
	VAN =	77,046.21		TIR =	214,86 %		

4. DISCUSIÓN

En esta investigación, se validó una tasa del 95 % de cumplimiento de pedidos, que alcanzó la brecha técnica según Quiroz-Flores et al. (2023). Sin embargo, para obtener mayor significancia en los resultados, se destacó la herramienta de clasificación ABC. Esta herramienta fue aplicada con el mismo criterio de clasificación: los ingresos de ventas que representa cada unidad de mantenimiento de inventario (SKU, por sus siglas en inglés). Además, estos hallazgos pueden contrastarse con la investigación de Miljenović y Beriša (2022), que presentan un modelo específico de comercio electrónico orientado a mantener los costos de inventario al

mínimo mientras cumplen con los pedidos del cliente y garantizan entregas a tiempo. Para evaluar la eficiencia de su modelo de *dropshipping*, los autores utilizaron otro criterio de clasificación: el costeo basado en actividades ABC, que ha demostrado ser eficaz cuando el objetivo principal es la reducción de costos.

En el presente trabajo, la minimización de costos fue un objetivo específico que se logró —se los redujo en un 26,50 %— gracias a la aplicación de la programación lineal. Autores como Meisheri et al. (2022) argumentan que esta técnica considera factores como la demanda, los plazos de entrega y las restricciones, de modo que contribuyen a la minimización de costos y a la maximización de la eficiencia en el control de inventarios. En otro estudio, Turgut et al. (2018) resaltaron la relevancia de la programación lineal en la gestión de inventarios minoristas con un enfoque en datos de efecto de trastienda, y se demostró que su incorporación logró una reducción de costos de hasta el 0,96 % en comparación con la omisión de estos efectos.

Según Moiseev (2021), la metodología de triple suavización exponencial supera a otras en términos de precisión, simplicidad y adaptabilidad, pues demuestra una precisión del 96,5 % en su investigación frente a la precisión del pronóstico del 89,45 % alcanzada en la presente investigación. Asimismo, los autores Chaowai y Chutima (2024) mencionan que la aplicación de estos métodos, incluido el de Holt-Winters, ha llevado a una mejora significativa en la precisión del pronóstico (con una mejora aproximada del 90 %), y ha logrado los objetivos de determinar un método de pronóstico efectivo para la empresa y de desarrollar una estrategia de compra mejorada.

5. CONCLUSIONES

La implementación del método de triple suavización exponencial ha sido clave para mejorar la precisión en la estimación de la demanda en una empresa de *delivery*. Se ha facilitado una planificación más precisa de los niveles de suministro, lo que ha reducido significativamente los pedidos no atendidos y ha mejorado la satisfacción de la demanda del cliente al considerar los efectos de nivel, tendencia y estacionalidad. Adicionalmente, la clasificación ABC ha optimizado la gestión de inventarios al priorizar productos según su valor y rotación, lo que ha mejorado el almacenamiento y ha reducido costos asociados al manejo de inventarios. La programación lineal ha demostrado ser efectiva en la asignación de recursos y en la reducción de costos operativos; se ha logrado una disminución significativa en los costos generales mediante la combinación óptima de recursos y costos. Finalmente, la evaluación económica del proyecto ha confirmado que las inversiones en estas herramientas y metodologías han generado retornos significativos, pues incrementan la rentabilidad y sostenibilidad a largo plazo de la empresa, y fortalecen su posición competitiva en el mercado.

Se recomienda explorar tecnologías emergentes como el internet de las cosas (IoT) y la inteligencia artificial (IA) para mejorar aún más la precisión del pronóstico de demanda y la gestión en tiempo real de inventarios. Además, es crucial evaluar el impacto ambiental y social de las operaciones de entrega de bebidas alcohólicas mediante prácticas sostenibles, como la optimización de rutas de entrega. Debido a la falta de datos estadísticos específicos del sector, se sugiere establecer colaboraciones con otras empresas o consultoras especializadas para facilitar el acceso a datos comparativos y establecer estándares de desempeño. Finalmente, se recomienda revisar y adaptar indicadores clave de rendimiento (KPI) para evaluar la eficiencia del sistema de planificación de suministro, así como para desarrollar métricas que reflejen las dinámicas del comercio electrónico y del sector de bebidas alcohólicas.

REFERENCIAS

- Cabrera Gil-Grados, E. (2017). *Modelos de programación lineal. Guía para su formulación y solución*. Universidad de Lima, Fondo Editorial. <https://www.ulima.edu.pe/publicaciones/modelos-de-programacion-lineal-guia-para-su-formulacion-y-solucion>
- Cámara Peruana de Comercio Electrónico. (2022, 19 de septiembre). *Observatorio Ecommerce 2021-2022 – Reporte oficial ecommerce en Perú*. https://drive.google.com/file/d/1Hn9IZdQergOvp-_kAI5l_kzAVKEyRTy2/view?usp=sharing
- Chaowai, K., & Chutima, P. (2024). Pronóstico de la demanda y política de pedidos de bienes de consumo de rápido movimiento con ventas promocionales en una pequeña empresa comercial. *Engineering Journal*, 28(4), 21-40. <https://doi.org/10.4186/ej.2024.28.4.21>
- Lebow, S. (2021, 19 de agosto). *Worldwide ecommerce continues double-digit growth following pandemic push to online*. Emarketer. <https://www.insiderintelligence.com/content/worldwide-ecommerce-continues-double-digit-growth-following-pandemic-push-online>
- Meisheri, H., Sultana, N. N., Baranwal, M., Baniwal, V., Nath, S., Verma, S., Ravindran, B., & Khadilkar, H. (2022). Scalable multi-product inventory control with lead time constraints using reinforcement learning. *Neural Computing and Applications*, 34(3), 1735-1757. <https://doi.org/10.1007/s00521-021-06129-w>
- Miljenović, D., & Beriša, B. (2022). Pandemic trends in E-commerce: drop shipping entrepreneurship during COVID-19 pandemic. *Scientific Journal of Maritime Research*, 36(1), 31-43. <https://doi.org/10.31217/p.36.1.4>
- Moiseev, G. (2021). Forecasting oil tanker shipping market in crisis periods: Exponential smoothing model application. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 37(3), 239-244. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2021.06.002>

- Quiroz-Flores, J. C., Caso-Vicente, K., & Galarreta-Bellido, M. (2023, 17-21 de julio). Service model based on lean tools to improve order fulfillment rate in a SMEs in the commercial sector [presentación de escrito]. En *Proceedings of the 21st LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, LACCEI 2023*, Buenos Aires, Argentina. <https://laccei.org/LACCEI2023-BuenosAires/meta/FP113.html>
- Sociedad Nacional de Industrias. (2023, 4 de agosto). *El Comité Fabricantes de Cerveza de la Sociedad Nacional de Industrias celebra el Día Internacional de la Cerveza destacando el aporte del sector cervecero peruano*. <https://sni.org.pe/el-comite-fabricantes-de-cerveza-de-la-sociedad-nacional-de-industrias-celebra-el-dia-internacional-de-la-cerveza-destacando-el-aporte-del-sector-cervecero-peruano/>
- Turgut, Ö., Taube, F., & Minner, S. (2018). Data-driven retail inventory management with backroom effect. *OR Spectrum*, 40(4), 945-968. <https://doi.org/10.1007/s00291-018-0511-9>

DATOS DE LOS AUTORES

RAFAEL I. PLAZA

Economista por la Universidad de Lima. Interesado en transformación digital del sistema bancario en el Perú. Otras áreas de interés: nube, computaciones, satisfacción del cliente.

CARLOS LOPEZ-TORRES-ORREGO

Egresado de Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima (Perú). Actualmente, se desempeña en el área de trade marketing. Aspira a aplicar herramientas de ingeniería en el sector comercial para optimizar procesos y la toma de decisiones basada en datos.

NICOLÁS HERRERA-HERRERA

Egresado en Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima (Perú). Actualmente, se desempeña como analista comercial marketplace y aplica su capacidad analítica y estratégica en la gestión de operaciones. Anteriormente, ha ocupado roles relacionados con la gestión y análisis de datos en el sector inmobiliario. Destaca por su organización y responsabilidad en la ejecución de sus funciones, lo que contribuye a la mejora continua y eficiencia operativa en su área de trabajo.

ALBERTO FLORES-PEREZ

Profesional de amplia experiencia en cadena de suministros y operaciones con más veinte años en manejo de plantas industriales multinacionales, en las áreas de logística, producción, aseguramiento de calidad, capacitación y planeamiento. Líder de proyectos transformacionales, de

productividad y generador de cambios. Capaz de formar equipos de alto desempeño, alineados a las estrategias de la empresa y programas de mejora continua.

JOHANNA MILDRED MÉNDEZ SAYAGO

Doctora en Economía de los Recursos Naturales y el Desarrollo Sustentable por la Universidad Nacional Agraria La Molina (Perú). Magíster en Economía por la Pontificia Universidad Javeriana (Colombia) e Ingeniera de Producción Industrial por la Universidad Francisco de Paula Santander (Colombia). Especialista en Inteligencia de Negocios con énfasis en big data por la Universidad Autónoma de Occidente. Actualmente, es docente e investigadora en la Fundación Universitaria del Área Andina y la Corporación Universitaria Iberoamericana en Bogotá, donde lidera proyectos en ingeniería, analítica de datos y economía aplicada. Su experiencia académica y profesional se centra en la transformación digital, la optimización de procesos y la sostenibilidad. Ha desarrollado investigaciones en economía ambiental, modelado de datos y mejora de procesos industriales. Ha publicado en revistas científicas y contribuido en el ámbito académico y empresarial.

JORGE ESAU TIERRADENTRO CRUZ

Ingeniero mecánico por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, con una especialización en Inteligencia Artificial por la Corporación Universitaria Minuto de Dios. Cuenta con más de quince años de experiencia en el sector industrial y más de ocho años como profesor en áreas de ingeniería. Ha sido miembro de dos grupos de investigación y, actualmente, forma parte del Grupo de Investigación en Ciencias Básicas de la Fundación Universitaria del Área Andina. Es candidato a magíster en Electrónica por la Universidad Nacional de Colombia.

GINA VERA RIZZO

Magíster en Ingeniería Mecánica de la Universidade Estadual de Campinas de Brasil y es ingeniera industrial por la Universidad Pontificia Bolivariana de Colombia. Actualmente, cursa un doctorado en Ingeniería de Producción en la Universidade Federal Fluminense. Es directora del Programa de Ingeniería Industrial en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas de la Fundación Universitaria del Área Andina. Cuenta con más de siete años como profesora investigadora en mejora de procesos e inteligencia de negocios.

ANGELA CALDERÓN MORALES

Bachiller en Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima, con especialización en Gestión de Proyectos y Certificaciones en Finanzas Empresariales y Procesos Industriales. Actualmente, se desempeña como gestora junior en el Área de Electrification Service de ABB. Anteriormente, trabajó como analista de tecnología en iVisa, donde optimizó procesos operativos mediante

automatización y análisis de datos. Además, ha sido voluntaria en Rotaract, donde lideró proyectos de concientización ambiental.

ERLA ALEJANDRA CONCHA ROMERO

Bachiller en Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima, con formación en gestión de proyectos. Actualmente, se desempeña como analista en el Área de Proyectos de Pisco Torrentera, donde participa en la planificación, ejecución y seguimiento de iniciativas estratégicas para la optimización de procesos. Anteriormente, trabajó en Yanbal, en el Área de Compras de Productos Terminados, donde gestionó adquisiciones para tres países. Su experiencia abarca la gestión de proyectos, la mejora de procesos y la eficiencia operativa. Además, ha sido voluntaria en Rotaract, donde lideró proyectos de concientización ambiental.

ÁNGEL JESÚS TORRES ALIAGA

Bachiller en Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima. Desempeña el cargo de trainee en el Área de Control de Gestión. Ha desempeñado el puesto de practicante profesional de abastecimiento/contratos, auxiliar de logística y operaciones y asistente de logística e innovación.

ALEXANDRA VÁSQUEZ IDROGO

Bachiller en Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima. Desempeña el cargo de trainee en el Área de Procesos Industriales. Ha desempeñado el puesto de coordinadora SIG y coordinadora de logística.

MARIA TERESA NORIEGA-ARANIBAR

Doctora en Ciencias Contables y Empresariales por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, magíster en Industrias Forestales por la Universidad Nacional Agraria La Molina e ingeniera industrial por la Universidad de Lima. Es docente principal-ordinario de la Facultad de Ingeniería en la Universidad de Lima. Coautora de los siguientes libros: Cartera de Proyectos, Técnicas para el estudio del trabajo, Disposición de planta, Mejora Continua y Manual para el diseño de instalaciones manufactureras y de servicios.

MAURICIO AURELIO DIAZ HERRERA

Egresado de la carrera de Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima, con interés en administración, logística y producción de recursos. Actualmente, es ejecutivo de ventas en To-Safety, donde gestiona cuentas estratégicas, desarrolla estrategias de ventas y aplica machine learning para la predicción de demanda. Anteriormente, fue practicante en la misma empresa como asesor de ventas, donde adquirió experiencia en análisis de datos y gestión comercial aplicando

herramientas con machine learning-Sarimax para predicciones de la demanda, se encargó de gestionar cuentas estratégicas, fue desarrollador de estrategias de ventas y se enfocó al análisis del mercado. Se caracteriza por su liderazgo y capacidad de trabajo en equipos multidisciplinarios. Sus principales habilidades incluyen el análisis cuantitativo para la toma de decisiones y la optimización de procesos empresariales.

GIUSEPPE TADDEY CALDERÓN

Egresado de la carrera de Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima, distinguido en el tercio superior de su promoción. Actualmente, se desempeña como analista de experiencia del cliente (CX) en Atlantic City Casino & Sports, donde realiza estudios de satisfacción del cliente y análisis de datos. Anteriormente, trabajó en Unimaq: The Cat Rental Store en el Área de Marketing, Planeamiento y Estrategia, con un enfoque en experiencia del cliente y análisis de datos. Interesado en el desarrollo profesional en las áreas de marketing, comercial y experiencia del cliente. Se caracteriza por su ética de trabajo impecable y su capacidad para aportar soluciones en equipos multidisciplinarios. Cuenta con experiencia en herramientas como Power BI, Office, SQL y SAP (C4 y S4).

EDILBERTO AVALOS-ORTECHO

Doctor en Administración de Empresas por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Magíster en Administración Estratégica de Empresas por el Centrum PUCP, magíster en Dirección y Gestión Medioambiental por la Escuela de Organización Industrial de España e ingeniero químico por la Universidad Nacional de Trujillo. Además, es auditor líder acreditado por IRCA en sistemas ISO 9001 y 14001. Actualmente, es docente y coordinador de investigaciones y publicaciones en la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad de Lima. Es consultor de empresas de bienes y servicios en gestión de operaciones, rediseño y optimización de procesos, gestión ambiental, cadena de suministro, sostenibilidad y lean manufacturing. Es editor asociado en la revista Ingeniería Industrial de la Universidad de Lima, miembro del comité técnico ISO/TC 279 WG5 Innovation Management, miembro del Comité de Integridad y Ética de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Lima. Ha desarrollado investigaciones en energías limpias, sostenibilidad, ingeniería limpia, lean manufacturing, cadena de suministro, tecnologías emergentes y competitividad empresarial, con publicaciones en revistas indexadas y congresos internacionales de ingeniería industrial.

CINTHIA LUCERO CCALLA SURCO

Bachiller en Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima. Con experiencia en las áreas de Commercial Strategy y Business Intelligence. Especializada en optimización de procesos y Data-Driven.

FIGRELLA MUNAYCO ROJAS

Bachiller en Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima. Con experiencia en las áreas de Digital Ad Operations y Data Analyst. Especializada en Dashboard & Analytics.

JOSÉ ANTONIO TAQUÍA GUTIÉRREZ

Doctor en Gestión de empresas por la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Magister en Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima. Ingeniero Industrial por la Universidad de Lima. Tiene amplia experiencia en el diseño e implementación de tecnología orientada al análisis de datos y metodología de investigación científica con proyectos desarrollados en operaciones, cadenas de abastecimiento, analítica en retail y servicios de educación.

JIMENA PINTO ADRIAZOLA

Bachiller de Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima con especialización en Gestión de Proyectos. A lo largo de su formación académica, se destacó como décimo superior en la Universidad de Lima y estuvo dentro de los primeros diez puestos de la carrera. Actualmente, cuenta con experiencia en el análisis de datos y procesos orientado a la mejora continua del sector financiero y asegurador.

JIMENA MC FARLANE CAMINO

Bachiller de Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima con especialización en Gestión de Proyectos. Actualmente, se desempeña en el Área de Presupuestos en el sector de energía y cuenta con experiencia en el Área de Operaciones en Seguros. A lo largo de su formación académica, se destacó como décimo superior en la Universidad de Lima. Asimismo, obtuvo el certificado en programa Leading with Finance de Harvard Business School Online.

RAFAEL CHAVEZ-UGAZ

Candidato a doctor (PhD) por la Universidad Pablo de Olavide, España. Candidato a doctor (PhD) por la Universidad San Ignacio de Loyola, Perú. Magíster en Administración Estratégica de Empresas por CENTRUM Católica, Perú. MBA en Gestión General y Estratégica por la Maastricht School of Management, Países Bajos. Ingeniero industrial por la Universidad de Lima, Perú. Experiencia profesional en empresas de servicios, farmacéuticas y de telecomunicaciones, en las áreas comercial, de calidad y operaciones. Consultor empresarial especializado en planificación estratégica, operaciones, innovación y mejora de negocios. Docente con 20 años de experiencia en Ingeniería y Negocios, en cursos de formulación y evaluación de proyectos industriales. Coordinador del área académica de Proyectos Industriales. Investigador. Asesor y jurado de tesis de grado en la Universidad de Lima.

MARTÍN GARCÍA-BLÁSQUEZ CARRILLO

Egresado de la carrera de Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima. Actualmente, es practicante profesional en la empresa Ajeper S. A. en el Área de Inteligencia Comercial, donde elabora informes sobre las ventas a nivel nacional y analiza los principales indicadores del área. Cuenta con un artículo científico presentado en el Congreso Internacional de Ingeniería Industrial de la Universidad de Lima sobre engineering management and digital transformation.

YASSER LUREN CCOYLLO VENEROS

Egresado de la carrera de Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima. Actualmente, es practicante profesional en el Área Administrativa de la empresa Aleph Asociados S. A. C., donde viene desarrollando su manual de gestión de la calidad. Cuenta con un artículo científico presentado en el Congreso Internacional de Ingeniería Industrial de la Universidad de Lima sobre engineering management and digital transformation.

ORLANDO SÁENZ AGUINAGA

Bachiller en Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima. Actualmente, es asistente de SIG en Binswanger. Su inclinación principal es hacia la mejora de procesos empresariales y sistemas de gestión con el objetivo de alinear las operaciones de una empresa hacia los estándares internacionales relacionados a la calidad, seguridad, medioambiente y responsabilidad social empresarial.

ADRIÁN PAZ VEGA

Bachiller en Ingeniería Industrial de la Universidad de Lima. Actualmente, es asesor de ventas en Proyectos Asesoramiento y Construcción Ingenieros S. A. C.

JORGE MONTOYA BARRAGÁN

Magister en Administración de Negocios por Instituto Centroamericano de Administración de Empresas de Costa Rica y la Universidad Adolfo Ibañez de Chile, y es ingeniero industrial por la Universidad de Lima. Actualmente, es gerente de logística en Senati y es profesor a tiempo parcial en la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Lima. Anteriormente, trabajó en Servicios Aéreos de Los Andes como gerente de logística, en ICCGSA como subgerente de soporte de equipos, en LATAM Airlines como subgerente de logística y gestión de materiales, en Tiendas por Departamento Ripley S. A. C. como head inventory manager y en Química Suiza como jefe de picking y despacho en el centro de distribución de Santa Anita. Es coautor de artículos científicos sobre inteligencia industrial y mejora de procesos, publicados en la revista Ingeniería Industrial de la Universidad de Lima.

CARLOS ARTEAGA VENTURA

Egresado de Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima. Sus áreas de interés son la optimización de procesos, simulación, finanzas y gestión de la cadena de suministro. Ha investigado metodologías como lean service y business process management (BPM) aplicadas a las telecomunicaciones.

XIOMARA ALESSANDRA ROSALES MEZA

Estudiante de Ingeniería Industrial en la Universidad de Lima, con un enfoque en mejora de procesos y diseño eficiente. Su objetivo es aumentar la productividad de una organización y mejorando los procesos de producción y la gestión de empresas. Ha investigado metodologías como lean service y business process management (BPM) aplicadas a las telecomunicaciones.

SILVIA PONCE ÁLVAREZ

Doctora en Química Física Aplicada de la Universidad Autónoma de Madrid. Dirige el Laboratorio de Nanotecnología y el Grupo de Investigación en Economía Circular. Fue galardonada con el premio For Women in Science 2013 y ganadora del Premio a la Mejor Patente 2020 del Indecopi. Investigadora de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Lima. Ha publicado sus trabajos de investigación en diversas revistas académicas sobre nuevos materiales, biomateriales y economía circular. Además, ha participado activamente como revisora en revistas científicas.

STEFFANY ALEJANDRA RAMOS JACOBO

Bachiller de la carrera de Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima. Actualmente, trabaja en Métrica como asistente de proyectos en el Área de Infraestructura.

LUIS ALFONSO RICSE CALDERON

Bachiller de la carrera de Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima. Actualmente, trabaja en MEDIFAM como practicante profesional en el Área de Logística.

ELSIE BONILLA PASTOR

Doctora en Ciencias Contables y Empresariales por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, egresada del Programa de Aseguramiento de la Calidad del Instituto Mexicano de Control de Calidad e ingeniera industrial por la Universidad Nacional de Ingeniería. Experta en el diseño e implementación de sistemas de aseguramiento de la calidad y productividad. Ha ejercido cargos de dirección en el sector textil y metal-mecánico y ha desarrollado servicios de consultoría orientados a la mejora de la calidad y productividad en Carbolán del Perú,

Corporación Furukawa, franquicia Delosi, Compañía Peruana de Teléfonos, ElectroSur del Perú, entre otras. Es miembro de la American Society for Quality (ASQ) y del Comité de MYPES del Ministerio de la Producción. Ha publicado en coautoría el libro Mejora continua de procesos, herramientas y técnicas.

MATIAS LEO FORNO

Bachiller en Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima. Se desempeña como asistente administrativo en Hotel Radisson Miraflores.

RAFAELLA TEIXEIRA TORTEROLO

Bachiller en Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima. Desempeña el cargo de asistente en Solution Advisor Associate (SAP).

RUTH ANGELA ALARCON CARHUALLANQUI

Bachiller en Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima. Con interés en la cadena de suministro y la gestión de proyectos. Su objetivo profesional es optimizar e innovar procesos para mejorar su eficiencia y rentabilidad, y generar un impacto positivo en las organizaciones y la sociedad.

ANDREA DEL PILAR MERINO CAFFERATA

Bachiller en Ingeniería Industrial por la Universidad de Lima. Actualmente, se desempeña en el Área de Gestión de Proyectos y Desarrollo de Negocios. Con interés en la transformación digital, con el objetivo de innovar procesos mediante soluciones digitales para mejorar así la productividad y contribuir de manera positiva a la sociedad en su conjunto.

RAFAEL MAURICIO VILLANUEVA FLORES

Ingeniero industrial por la Universidad de Lima. Magíster por Kansas State University. Gerente de operaciones de Anita Food S. A. y profesor en la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Lima. Ejecutivo sénior de amplia experiencia en el gerenciamiento de plantas industriales de alimentos y autor de diversas publicaciones en el campo de los alimentos.



UNIVERSIDAD
DE LIMA