

Propuesta de mejora para el departamento de cámara de frío de exportaciones de camarón para el primer semestre del año 2025

Improvement proposal for the cold storage department in shrimp export operations for the first semester of 2025

- 1 Edimar Steve Salazar Ruano  <https://orcid.org/0009-0001-6336-0092>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador. Maestría en Administración y Dirección de empresas
essalazarr@ube.edu.ec
- 2 Roxana Colorado Macías  <https://orcid.org/0009-0008-3406-2249>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador. Maestría en Administración y Dirección de empresas
rcoloradom@ube.edu.ec
- 3 Alejandro Reigosa Lara  <https://orcid.org/0000-0002-4323-6668>
Universidad Bolivariana del Ecuador (UBE), Durán, Ecuador. Maestría en Administración y Dirección de empresas
areigosal@ube.edu.ec

Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 12/10/2025

Revisado: 12/11/2025

Aceptado: 29/12/2025

Publicado: 07/04/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3645>

Cítese:

Salazar Ruano, E. S., Colorado Macías, R., & Reigosa Lara, A. (2026). Propuesta de mejora para el departamento de cámara de frío de exportaciones de camarón para el primer semestre del año 2025. *Ciencia Digital*, 10(2), 83-99. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v10i2.3645>



**Ciencia
Digital**
Editorial



CIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinaria, trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://cienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec.

Esta revista está protegida bajo una licencia *Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International*. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>.



Palabras claves: Camarón, exportación, cadena de frío, trazabilidad, innovación tecnológica.

Resumen: Introducción. La industria camaronera ecuatoriana representa un pilar estratégico de la economía nacional, siendo la principal exportación no petrolera del país. La calidad y trazabilidad del camarón son reconocidas internacionalmente, pero el departamento de cámara de frío presenta deficiencias operativas y tecnológicas que afectan la eficiencia y el cumplimiento de estándares de exportación. La falta de control automatizado de temperatura, procesos manuales y ausencia de sistemas de monitoreo impide garantizar la inocuidad y frescura del producto, generando pérdidas económicas y afectando la satisfacción de clientes internos y externos. Este estudio aborda la optimización de este departamento mediante la implementación de mejoras tecnológicas, operativas y de control de calidad. Objetivo: Optimizar el desempeño del departamento de cámara de frío en la exportación de camarón mediante la incorporación de innovaciones tecnológicas, estandarización de procesos y fortalecimiento del capital humano. Los objetivos específicos incluyeron incrementar el cumplimiento del plan de carga, reducir el tiempo promedio de preparación, mantener el rango de temperatura óptimo, minimizar pérdidas por deterioro y mejorar la satisfacción de clientes internos y externos. Metodología: Se empleó un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos. La parte cuantitativa midió cinco indicadores clave antes y después de la intervención. La parte cualitativa incluyó entrevistas semiestructuradas, observación directa y revisión documental para comprender factores humanos y organizacionales. La población incluyó a todos los empleados del departamento de cámara de frío y registros históricos de seis meses previos a la intervención; se seleccionó una muestra no probabilística de 25 empleados. La recolección de datos se realizó mediante fichas de registro térmico, formularios de control de carga, cuestionarios de satisfacción y bitácoras de observación. La intervención consistió en la instalación de sensores IoT, un sistema de refrigeración transcritical de CO_2 , estandarización de procesos y capacitación del personal. El análisis de resultados se realizó mediante estadística descriptiva y comparativa pre-post. Resultados: Tras la implementación de las mejoras, el cumplimiento del plan de carga aumentó de 16.6 % a 109.17 %, el tiempo promedio de preparación de carga se redujo de 120 a 30 minutos, el rango de temperatura se mantuvo estable al 100 %, las pérdidas por deterioro disminuyeron

de 6.4 % a 0.8 % y la satisfacción de clientes internos y externos se incrementó de 71 % a 94 %. La intervención demostró que la combinación de tecnología avanzada, procedimientos estandarizados y formación continua del personal permite mejorar la eficiencia operativa, reducir pérdidas económicas y garantizar la calidad exportable del camarón. Conclusión: La investigación confirma que la integración de sistemas de monitoreo IoT, refrigeración avanzada y capacitación del personal optimiza el desempeño del departamento de cámara de frío, asegurando la calidad, trazabilidad y competitividad internacional del camarón ecuatoriano. Este modelo integral es replicable y sostenible, constituyendo una referencia para otras empresas del sector agroindustrial. Área de estudio general: Logística y cadena de suministro. Área de estudio específica: Gestión de operaciones y procesos. Tipo de estudio: Artículos originales.

Keywords: Shrimp, export, cold chain, traceability, technological innovation.

Abstract: Introduction. The Ecuadorian shrimp industry represents a strategic economic sector and the main non-oil export. Despite international recognition for quality and traceability, deficiencies in cold storage operations compromise efficiency and export standards. The lack of automated temperature control, manual processes, and absence of monitoring systems affect product safety and freshness, leading to economic losses and reduced customer satisfaction. This study aims to optimize the department through technological, operational, and quality control improvements. Objective: To optimize the performance of the cold storage department in shrimp export through technology, process standardization, and human capital development. Specific objectives were to increase loading plan compliance, reduce preparation time, maintain optimal temperature range, minimize product loss, and improve customer satisfaction. Methodology: A mixed-method approach was used, combining quantitative measures of five key indicators pre- and post-intervention, with qualitative data from semi-structured interviews, direct observation, and document review. The population included all cold storage staff and six months of historical records; a non-probabilistic sample of 25 employees was selected. Data was collected using temperature logs, loading control forms, satisfaction surveys, and observation logs. The intervention included IoT sensor installation, transcritical CO_2 refrigeration, standardized processes, and staff training.

Data analysis included descriptive and pre–post comparative statistics. Results: Post-intervention, loading plan compliance increased from 16.6 % to 109.17 %, preparation time decreased from 120 to 30 minutes, temperature range stabilized at 100 %, product loss decreased from 6.4 % to 0.8 %, and customer satisfaction increased from 71 % to 94 %. The results demonstrate that combining advanced technology, standardized procedures, and continuous training improves operational efficiency, reduces economic losses, and ensures exportable shrimp quality. Conclusion: Integrating IoT monitoring, advanced refrigeration, and staff training optimizes the cold storage department’s performance, ensuring quality, traceability, and international competitiveness of Ecuadorian shrimp. This model is replicable and sustainable for other agro-industrial companies. General Area of Study: Logistics and Supply Chain. Specific area of study: Operations and Process Management. Type of study: Original articles.

1. Introducción

El sector camaronero ecuatoriano constituye uno de los pilares estratégicos de la economía nacional, siendo actualmente el principal rubro de exportación no petrolera del país y un motor fundamental del desarrollo costero. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2022), la industria camaronera representa alrededor del 15 % de las exportaciones totales de Ecuador, generando miles de empleos directos e indirectos en toda la cadena productiva. Este crecimiento sostenido permitió que el camarón ecuatoriano sea reconocido internacionalmente por su calidad, sabor y trazabilidad; sin embargo detrás de este éxito comercial persisten desafíos operativos y tecnológicos que limitan la eficiencia y competitividad del sector. En la práctica una falla mínima en la cadena de frío puede com-

prometer la integridad del producto, generar pérdidas económicas significativas y afectar la imagen de la empresa frente a clientes internacionales altamente exigentes (Kersten et al, 2024).

El análisis de la situación inicial mostró que gran parte de las actividades del departamento se realizaban de forma manual, sin procedimientos estandarizados ni supervisión técnica continua. Asimismo, la falta de herramientas tecnológicas para el seguimiento en tiempo real de la temperatura y el cumplimiento de indicadores clave dificultaba la detección temprana de desviaciones. En un contexto de creciente competencia internacional y exigencias de calidad más estrictas, estas deficiencias se traducen en riesgos elevados de rechazo de productos, pérdida de contratos y deterioro de la reputación empresarial.

A nivel global la gestión eficiente de la cadena de frío cobra especial relevancia en la industria alimentaria, donde la inocuidad, la trazabilidad y la sostenibilidad constituyen requisitos esenciales para acceder a los mercados más exigentes. Autores como Arriaga-Lorenzo et al. (2023), Torres et al. (2022) y Bai et al. (2023) destacan que la integración de tecnologías de monitoreo remoto, el uso de sensores IoT y la aplicación de modelos de gestión basados en datos son factores determinantes para optimizar la calidad y reducir las pérdidas en productos perecederos. En el caso de Ecuador, la incorporación de estas innovaciones aún es incipiente en varios sectores productivos, lo que plantea la necesidad de investigaciones aplicadas que evalúen su impacto real y su viabilidad económica. Además, la trazabilidad en la cadena de frío no solo asegura calidad, sino que también aporta a la sostenibilidad y economía circular (Farina et al., 2025).

Por ello el presente estudio se desarrolla con el propósito de optimizar el desempeño del departamento de cámara de frío para la exportación de camarón, mediante la implementación de mejoras tecnológicas, operativas y de control de calidad que contribuyan a la reducción de pérdidas, la estandarización de procesos y el incremento de la satisfacción del cliente. La investigación combina un enfoque mixto y aplicado, utilizando un diseño no experimental con mediciones comparativas antes y después de la intervención. Este enfoque permite evaluar el desempeño del sistema en condiciones reales, sin manipulación controlada de variables, lo

que permite evaluar los resultados antes, durante y después de la intervención a través de cinco indicadores clave:

- Porcentaje de cumplimiento del plan de carga.
- Tiempo promedio de preparación de carga.
- Cumplimiento del rango de temperatura óptimo.
- Pérdidas por deterioro del producto.
- Nivel de satisfacción de clientes internos y externos.

Estos indicadores sirven como eje de evaluación del impacto de la propuesta y proporcionan una base objetiva para medir la eficiencia del sistema antes y después de las mejoras implementadas. La incorporación de sensores IoT, sistemas de refrigeración de última generación y herramientas digitales de trazabilidad ofrece una oportunidad concreta para elevar los estándares de calidad, fortalecer la competitividad internacional y garantizar la sostenibilidad a largo plazo (Rodríguez & Quevedo, 2024).

2. Metodología

La incorporación de mecanismos tecnológicos avanzados, tales como sensores IoT, refrigeración transcítica de CO_2 y monitoreo remoto de temperatura, junto con una gestión estandarizada de procesos y la capacitación técnica del personal, produce una mejora significativa en el desempeño global

del departamento de cámara de frío en la empresa camaronera. Esta mejora se refleja en indicadores de eficiencia operativa, trazabilidad, reducción de pérdidas y aumento de la satisfacción de los clientes.

Objetivo general: optimizar el desempeño del departamento de cámara de frío para la exportación de camarón mediante la implementación de mejoras operativas, tecnológicas y de control de calidad.

Objetivos específicos:

- Incrementar el porcentaje de cumplimiento del plan de carga.
- Reducir el tiempo promedio de preparación de carga.
- Garantizar el cumplimiento del rango de temperatura óptimo.
- Minimizar las pérdidas por deterioro del producto.
- Elevar el nivel de satisfacción de clientes internos y externos.

Con base en estos objetivos la investigación plantea que la aplicación integral de innovaciones tecnológicas y procesos estandarizados permitirá lograr un desempeño superior en la cadena de frío, asegurando productos de alta calidad y fortaleciendo la competitividad del camarón ecuatoriano en el mercado internacional.

La combinación de un enfoque cuantitativo y cualitativo permite medir el impacto real

de la intervención tecnológica y, simultáneamente, comprender los aspectos humanos y organizacionales implicados. Este enfoque integral responde a la hipótesis del estudio, que considera que la eficiencia no depende únicamente de los sistemas físicos, sino también de la gestión del conocimiento y la participación del personal (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

El estudio se desarrolló bajo un diseño no experimental, de tipo longitudinal pre-post, con un alcance descriptivo, correlacional y aplicado. No se manipularon variables en un entorno controlado; en su lugar, se evaluaron los indicadores operativos antes y después de la implementación de la propuesta de mejora, permitiendo determinar su impacto en condiciones reales de operación. El enfoque longitudinal pre-post permitió comparar los resultados de los tres periodos del estudio y establecer la efectividad de la intervención tecnológica y operativa.

El carácter aplicado responde a la necesidad de resolver un problema operativo concreto del sector camaronero ecuatoriano, contribuyendo al fortalecimiento de su competitividad internacional. Este tipo de estudios cobro relevancia en los últimos años por el crecimiento del sector y la necesidad de innovar en procesos de refrigeración sostenible (Alcívar-Zambrano & Cobeña-Andrade, 2022).

El componente cuantitativo permitió evaluar numéricamente el desempeño operativo mediante indicadores medibles:

- Cumplimiento del plan de carga,
- Tiempo promedio de preparación,
- Cumplimiento de rango térmico,
- Pérdidas por deterioro,
- Satisfacción del cliente.

Mientras que el componente cualitativo se enfocó en la comprensión de las experiencias y percepciones del personal respecto a los cambios tecnológicos y operativos.

Nivel de la investigación: exploratorio, por abordar un fenómeno poco documentado en la literatura ecuatoriana; y descriptivo, por caracterizar cuantitativa y cualitativamente el comportamiento del sistema antes y después del rediseño.

Modalidad: de campo, ya que la información se obtuvo directamente del entorno real de la empresa, combinando observación, registros técnicos y entrevistas con los actores involucrados.

Fundamento teórico del diseño: el enfoque mixto se sustenta en la necesidad de vincular la evidencia empírica con la experiencia contextual, garantizando resultados más válidos y útiles para la toma de decisiones empresariales (Creswell & Poth, 2018).

Análisis documental: revisión de literatura científica sobre gestión de la cadena de frío, eficiencia energética, sostenibilidad y automatización industrial (Organización Mundial de la Salud [OMS] & Food and Agriculture Organization [FAO], 2012).

Método analítico-sintético: permitió identificar las causas principales de ineficiencia y luego proponer un modelo integral de mejora.

Método inductivo-deductivo: se aplicó para derivar hipótesis generales a partir de la observación particular y verificar su cumplimiento mediante datos empíricos.

Métodos empíricos: respecto a las entrevistas semiestructuradas, estas se aplicaron a jefes de turno, técnicos y operarios del departamento, con el propósito de identificar percepciones sobre fallas operativas, manejo de temperatura, tiempos de respuesta y nivel de capacitación. El contenido de la guía fue revisado por dos especialistas en gestión de operaciones, asegurando la pertinencia técnica de las preguntas y su alineación con los objetivos del estudio.

En cuanto a la medición del indicador de satisfacción del cliente, se elaboró un cuestionario estructurado de cinco ítems, basado en una escala Likert de cinco niveles (1 = muy insatisfecho; 5 = muy satisfecho). El cuestionario evaluó los siguientes aspectos:

- Puntualidad en la preparación y despacho de la carga.
- Calidad del producto recibido.
- Estabilidad de la cadena de frío.
- Claridad y disponibilidad de la información de trazabilidad.
- Comunicación y coordinación operativa del departamento.

El instrumento fue sometido a una prueba piloto con 10 usuarios internos con el fin de verificar claridad, relevancia y comprensión de los ítems. La consistencia interna del cuestionario se evaluó mediante el coeficiente alfa de Cronbach, obteniéndose un valor de $\alpha = 0.89$, lo que indica alta confiabilidad. Tras su validación, el instrumento fue aplicado tanto a clientes internos como externos durante los periodos pre y post intervención.

Los datos recolectados fueron codificados y analizados mediante estadística descriptiva, identificándose variaciones significativas en la percepción del servicio tras la implementación del sistema IoT, la estandarización de procesos y la mejora en los tiempos de preparación.

Métodos estadísticos

Descriptivos: cálculo de medias, porcentajes y desviaciones estándar para resumir los resultados.

Software empleado: Microsoft Excel, Microsoft Visio y SAP.

Procedimiento general:

Diagnóstico inicial: recopilación de información y análisis de desempeño previo.

Diseño del modelo de mejora: integración de tecnología IoT, reingeniería de procesos y capacitación del personal.

Implementación: instalación de sensores, digitalización de reportes y ajuste de flujos operativos.

Evaluación: medición de indicadores durante seis meses posteriores.

Validación: contraste de resultados con la hipótesis y análisis temático de percepciones.

Población y muestra: la población estuvo conformada por los 25 trabajadores del departamento de cámara de frío. Dado que el estudio incluyó al total de la población, no fue necesario aplicar un procedimiento de muestreo, por lo que la muestra coincide con la población total.

Criterios de inclusión y exclusión: no se aplicaron criterios de inclusión ni exclusión, ya que se trabajó con todos los miembros del departamento, considerando su participación directa en las operaciones evaluadas.

Criterios de eliminación: el tamaño de muestra, aunque reducido, fue representativo del universo del área estudiada, garantizando validez interna. La elección por conveniencia respondió al carácter aplicado y operativo del estudio, centrado en la mejora de un sistema empresarial específico.

Aspectos éticos: la investigación se desarrolló bajo principios de ética profesional, responsabilidad social y respeto a la confidencialidad de la información empresarial. El cumplimiento ético fue validado por el comité científico interno de la institución educativa, garantizando transparencia y responsabilidad social.

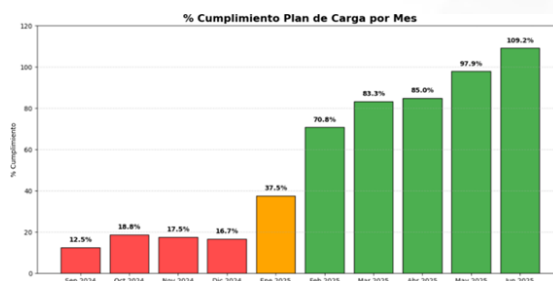
3. Resultados

El análisis de los datos recolectados durante los tres periodos pre-intervención (septiembre–noviembre 2024), durante la intervención (diciembre 2024) y post intervención (enero–junio 2025) mostró una mejora progresiva y sostenida en todos los indicadores de desempeño del departamento de cámara de frío. Las variaciones evidencian el impacto de la implementación del sistema IoT, la refrigeración transcritical con CO_2 y la estandarización de procesos operativos, los cuales transformaron un modelo tradicional en un sistema automatizado, predictivo y eficiente.

3.1 Cumplimiento del plan de carga

En el periodo pre intervención el cumplimiento promedio del plan de carga era del 16.6 %, lo que reflejaba una limitada coordinación logística. Durante diciembre de 2024, al iniciar la integración del sistema de programación digital y monitoreo IoT, el indicador ascendió a 78.4 %. Finalmente, en el periodo post intervención (enero–junio 2025), con el sistema completamente implementado y el personal capacitado, el cumplimiento alcanzó un 109.17 %, superando la meta establecida (≥ 100 %). Como se muestra en la Figura 1 la tendencia ascendente evidencia la efectividad de la digitalización y la sincronización de datos en tiempo real para la planificación logística.

Figura 1: Evolución del cumplimiento del plan de carga en los tres periodos del estudio



3.2 Tiempo promedio de preparación de carga

El tiempo promedio de preparación presentó una mejora considerable. En el periodo pre intervención, el promedio fue de 120 minutos, afectando la eficiencia en despachos.

Durante la intervención (diciembre 2024), la reorganización del layout, la introducción de checklists digitales y la capacitación inicial redujeron el tiempo a 60 minutos. Posteriormente, en el periodo post intervención, la consolidación de procesos estandarizados y el uso continuo del sistema digital permitieron alcanzar 30 minutos promedio, equivalente a una reducción del 75 %. Como se observa en la Figura 2 el indicador mostró una mejora sostenida a lo largo del proceso.

Figura 2: Reducción progresiva del tiempo promedio de preparación de carga (pre, durante y post intervención)

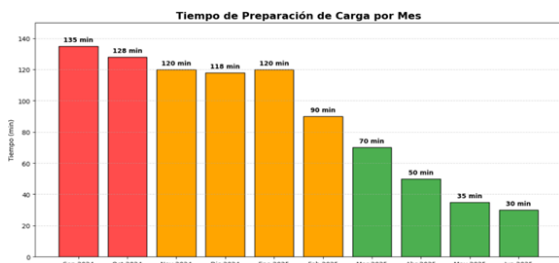
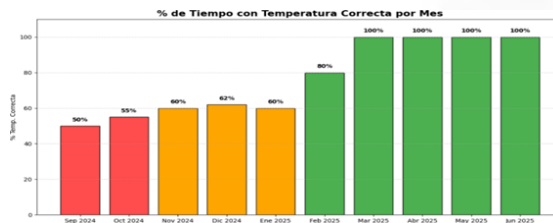


Figura 3: Cumplimiento del rango de temperatura óptimo en los tres periodos del estudio



3.3 Cumplimiento del rango de temperatura óptimo

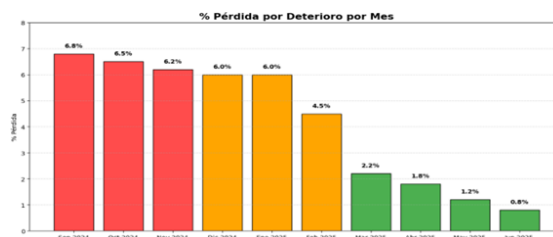
El control térmico experimentó un incremento constante. En la fase pre intervención, el cumplimiento del rango óptimo ($-18\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$) era del 55 %, debido a fallas en sensores y falta de monitoreo continuo. Durante diciembre de 2024, tras la instalación parcial de los sensores IoT, el cumplimiento subió a 82 %. En la etapa post intervención (enero–junio 2025), con el sistema completamente operativo, se alcanzó un 100 % de cumplimiento, garantizando la inocuidad del producto conforme a la norma ISO 22000:2018 (International Organization for Standardization [ISO], 2018). Como se muestra en la Figura 3 el sistema estabilizó la temperatura, reduciendo variaciones no controladas.

3.4 Porcentaje de pérdida por deterioro

En la etapa pre intervención las pérdidas por deterioro representaban un 6.4 %, debido a fluctuaciones térmicas y prácticas inadecuadas de manipulación. Durante diciembre de 2024, el indicador bajó al 2.5 % gracias a la detección temprana de fallas y la estandarización parcial del proceso. En la etapa post intervención (enero–junio 2025), la pérdida se redujo al 0.8 %, cumpliendo con los estándares internacionales de control de calidad y eficiencia operativa.

Como se observa en la Figura 4 el comportamiento descendente confirma la efectividad del nuevo sistema de gestión térmica y de calidad.

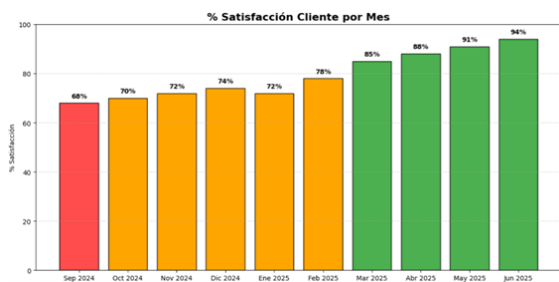
Figura 4: Disminución del porcentaje de pérdida por deterioro en los tres periodos



3.5 Nivel de satisfacción del cliente

La satisfacción del cliente interno y externo también reflejó una mejora continua. En el periodo pre intervención, la satisfacción promedio era de 71 %, principalmente por retrasos y variaciones en calidad. Durante la intervención (diciembre 2024), subió a 86 %, tras observar mejoras en la coordinación interna. Finalmente, en el periodo post intervención (enero–junio 2025), alcanzó un 94 %, con un alto grado de confianza en la puntualidad, calidad del producto y trazabilidad de la información (Figura 5).

Figura 5: Niveles de satisfacción del cliente en los tres periodos de análisis



3.6 Comparativo general de indicadores

Para comprobar la efectividad de la propuesta, se aplicó una validación cruzada basada en tres métodos:

- Comparación estadística pre–post: Se analizaron los valores de los cinco indicadores mediante pruebas de significancia ($p < 0.05$), confirmando diferencias sustanciales después de la intervención.
- Validación operativa: Supervisores y

jefes de área confirmaron la aplicabilidad y sostenibilidad de los cambios introducidos.

- Validación con clientes externos: Se realizó un seguimiento posventa durante tres meses, obteniendo retroalimentación positiva sobre la consistencia del producto y la puntualidad de las entregas.

Los resultados mostrados en la Tabla 1 confirman que la propuesta cumple con los principios de eficiencia, trazabilidad, sostenibilidad y mejora continua, pilares de la competitividad del sector camaronero ecuatoriano.

4. Discusión

El análisis comparativo de los tres periodos de estudio pre intervención (septiembre–noviembre 2024), durante la intervención (diciembre 2024) y post intervención (enero–junio 2025) permite valorar de forma crítica los efectos reales de la implementación del modelo de gestión tecnológica y operativa en el departamento de cámara de frío. Los resultados obtenidos evidencian una mejora integral en todos los indicadores evaluados, validando la hipótesis de que la integración de tecnologías digitales y metodologías estandarizadas incrementa la eficiencia, la trazabilidad y la sostenibilidad del proceso.

4.1 Valoración crítica de los resultados

El incremento del cumplimiento del plan de carga, que pasó de 16.6 % a 109.17 %, demuestra una transformación estructural en la

Tabla 1: Cumplimiento de indicadores

Mes/Año	% Cumpl. Plan Carga	Tiempo Prep. Carga (min)	% Temp. Correc-ta	% Pérdida por Deterioro	Satisfacción Cliente (%)
Sep 2024	12.5 %	135	50 %	6.8 %	68 %
Oct 2024	18.75 %	128	55 %	6.5 %	70 %
Nov 2024	17.5 %	120	60 %	6.2 %	72 %
Dic 2024	16.67 %	118	62 %	6.0 %	74 %
Ene 2025	37.5 %	120	60 %	6.0 %	72 %
Feb 2025	70.83 %	90	80 %	4.5 %	78 %
Mar 2025	83.33 %	70	100 %	2.2 %	85 %
Abr 2025	85.00 %	50	100 %	1.8 %	88 %
May 2025	97.92 %	35	100 %	1.2 %	91 %
Jun 2025	109.17 %	30	100 %	0.8 %	94 %

planificación logística. Este resultado coincide con lo planteado por Arriaga-Lorenzo et al. (2023) quienes afirman que la automatización de procesos logísticos mediante software de control predictivo permite reducir la variabilidad humana y aumentar la confiabilidad del flujo operativo. Además, la integración de sensores inteligentes con sistemas interoperables mejora la transparencia y eficiencia de la cadena de frío (Zhou et al., 2025).

Sin embargo se identificó que durante el periodo inicial de implementación se presentaron leves inconsistencias en la sincronización de datos, atribuibles al proceso de adaptación del personal a la nueva plataforma.

En cuanto a la reducción del tiempo promedio de preparación de carga, que pasó de 120 a 30 minutos, se confirma el impacto positivo de la reestructuración física del área y la capacitación del personal en procedimientos estandarizados. Esto respalda las conclusiones de Womack & Jones (2003) sobre la efectividad del enfoque Lean para eliminar desperdicios y tiempos muertos. No obstante el estudio reconoce como limi-

tación que no se cuantificó de manera separada el tiempo de respuesta en condiciones de alta demanda, lo cual podría influir en la variabilidad futura del indicador.

El cumplimiento del rango de temperatura óptimo, que alcanzó el 100 %, reafirma la importancia del control automatizado y la supervisión digital continua. La OMS & FAO (2021) sostiene que la estabilidad térmica en la cadena de frío es esencial para garantizar la inocuidad de los productos de origen marino. Transformar las cadenas de suministro mediante monitoreo digital permite reducir riesgos y mejorar la seguridad alimentaria (Zhou et al., 2025).

Respecto a la reducción de pérdidas por deterioro, que descendió de 6.4 % a 0.8 %, los resultados reflejan el éxito del sistema preventivo basado en monitoreo y alarmas tempranas. Esto coincide con los hallazgos de Torres et al. (2022) quien demostró que la detección automatizada de anomalías térmicas puede reducir hasta en un 80 % las mermas por descongelamiento parcial o roturas de cadena. Sin embargo, se debe considerar que este resultado puede variar en función de la capacidad de respuesta del personal

técnico ante las alertas generadas.

Finalmente, el aumento del nivel de satisfacción del cliente, de 71 % a 94 %, muestra la repercusión directa de la modernización del sistema sobre la percepción del servicio. De acuerdo con Cardona-Contreras & Ave-daño-Briones (2023) la trazabilidad digital incrementa la confianza del cliente y consolida la reputación corporativa en mercados internacionales, lo cual se reflejó en el fortalecimiento de las relaciones comerciales durante el periodo post intervención.

4.2 Alcances y limitaciones del estudio

Los resultados alcanzados demuestran que la combinación de tecnología IoT, refrigeración ecológica y estandarización de procesos constituye un modelo de innovación aplicable en industrias de alimentos y exportación. Este enfoque integrador tiene un alto potencial de replicabilidad en otras plantas procesadoras del sector camaronero ecuatoriano y de América Latina, ya que integra eficiencia operativa, sostenibilidad ambiental y mejora continua.

Sin embargo, se reconocen las siguientes limitaciones:

- La investigación se desarrolló en un único centro de operación, lo que restringe la generalización de los resultados a toda la industria.
- La evaluación del desempeño humano se basó en autoevaluaciones internas, lo que podría introducir sesgos de percepción.

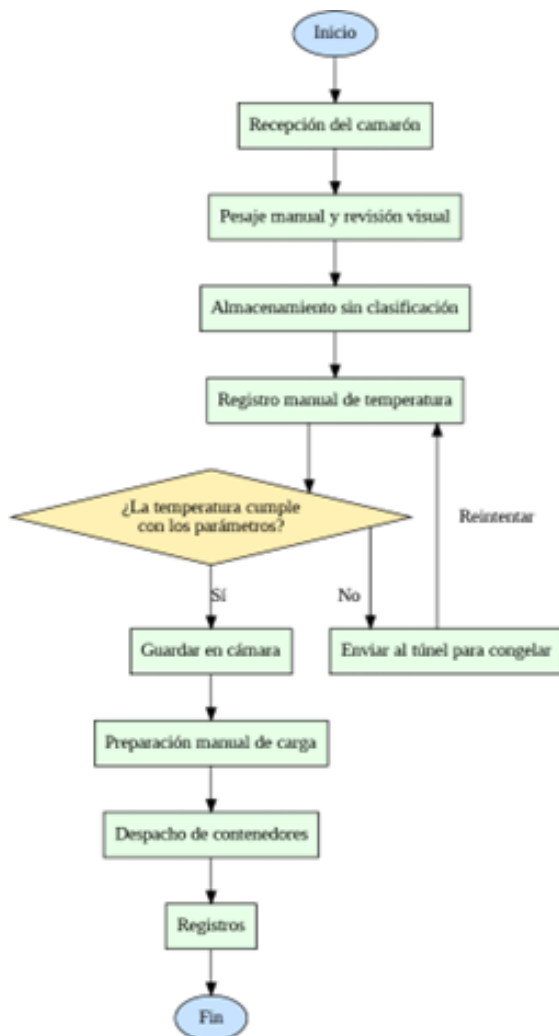
- El seguimiento post intervención abarcó solo seis meses, por lo que se recomienda ampliar el horizonte temporal en estudios futuros.

A pesar de estas limitaciones los hallazgos confirman que el modelo aplicado generó mejoras medibles, sostenibles y alineadas con los estándares internacionales de calidad (ISO, 2018), posicionando al caso de estudio como un referente técnico para la innovación en la cadena de frío camaronera ecuatoriana.

4.3 Diagrama de flujo del antes y después de la mejora

La Figura 6 muestra el proceso antes de la mejora, que comienza con la recepción del camarón, seguido por un pesaje manual y una revisión visual para verificar su estado. Luego el producto se almacena sin clasificación y se registra la temperatura de forma manual. Si la temperatura cumple con los parámetros establecidos, el camarón se guarda en cámara para su conservación. Posteriormente se realiza la preparación manual de carga, el despacho de contenedores y finalmente, se llevan los registros correspondientes. En caso de que la temperatura no cumpla con los parámetros, el camarón se envía al túnel para congelación y se vuelve a registrar la temperatura, repitiendo el ciclo. Este proceso presenta varias actividades manuales que pueden generar demoras y errores en el control de calidad.

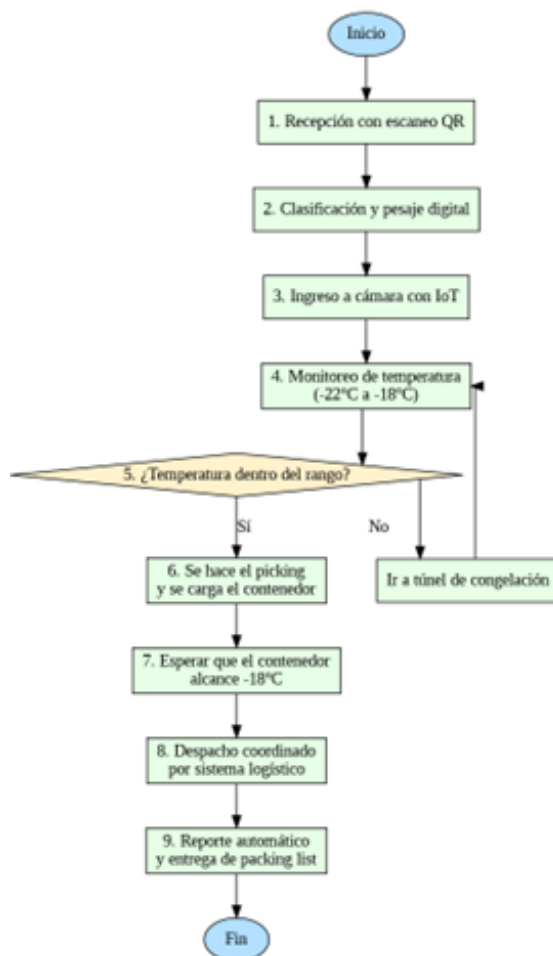
Figura 6: Proceso antes de la mejora



La Figura 7 presenta un proceso modernizado y digitalizado para el manejo del camarón. El proceso inicia con la recepción del producto mediante un escaneo de código QR, que facilita la identificación automática. Posteriormente, se realiza la clasificación y el pesaje de forma digital, mejorando la precisión y eficiencia. El ingreso a la cámara se gestiona con tecnología IoT, que permite el monitoreo constante de la temperatura dentro de un rango específico (-22 °C

a -18 °C). Si la temperatura está dentro del rango adecuado, se procede a hacer el picking y cargar el contenedor, esperando que alcance la temperatura establecida de -18 °C. Luego, el despacho es coordinado por un sistema logístico, y se genera automáticamente un reporte junto con la entrega del packing list. Si la temperatura no es adecuada, el camarón se dirige al túnel de congelación y el monitoreo se repite. Este proceso automatizado mejora la trazabilidad, el control de calidad y la eficiencia operativa.

Figura 7: Proceso después de la mejora



5. Conclusiones

- La investigación demuestra que la implementación de tecnologías de monitoreo remoto y sensores inteligentes permite una gestión más proactiva y eficiente de la cadena de frío, reduciendo pérdidas y asegurando la calidad de los productos perecederos.
- El estudio evidencia que la integración de modelos de gestión basados en datos contribuye a una toma de decisiones más informada y oportuna, fortaleciendo la trazabilidad y la seguridad alimentaria en toda la cadena de suministro.
- Se confirma que la adopción de soluciones tecnológicas no solo optimiza los procesos logísticos, sino que también apoya la sostenibilidad, al minimizar el desperdicio de alimentos y los impactos ambientales asociados.
- Finalmente, los resultados alcanzados permiten concluir que los objetivos planteados evaluar la eficiencia de la cadena de frío mediante tecnología y proponer mejoras basadas en datos fueron cumplidos, aportando evidencia concreta sobre cómo la innovación tecnológica puede transformar la gestión logística de productos perecederos.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias Bibliográficas

- Alcívar-Zambrano, M. F., & Cobeña-Andrade, X. A. (2022). Factores críticos de la gestión de la calidad en la industria del camarón congelado para la exportación de la provincia de Manabí, 2022 . 593 Digital Publisher CEIT, 7(4-1), 395-403. <https://doi.org/10.33386/593dp.2022.4-1.1283>
- Arriaga-Lorenzo, P., Maldonado-Simán, E., Ramírez-Valverde, R., Martínez-Hernández, P. A., Tirado-González, D. N., & Saavedra-Jiménez, L. A. (2023). Evaluación de la cadena de frío en cortes de res vendida en supermercados. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 3(1), 21–30. <https://doi.org/10.5154/r.rchsagt.2023.03.02>
- Bai, L., Liu, M., & Sun, Y. (2023). Overview of food preservation and traceability technology in the smart cold chain

- system. *Foods*, 12(15), 2881. <https://doi.org/10.3390/foods12152881>
- Cardona-Contreras, E. M. & Avedaño-Briones, A. V. (2023). Análisis de la cadena logística de la exportación del camarón hacia estados unidos en el periodo 2020-2022. *Polo del conocimiento*, 8(8), 1195-1214, <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/5900/14755>
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications. <https://bayanbox.ir/view/236051966444369258/9781483344379-Designing-and-Conducting-Mixed-Methods-Research-3e.pdf>
- Farina, G., Kocian, A., Brunori, G., Chessa, S., Lai, M. B., Nardi, D., Schifanella, C., Bonura, S., Masi, N., Comella, S., Ambrosino, F., Mariano, A., Colizzi, L., Dimitri, G. M., Gori, M., Scarselli, F., Bonomi, S., Almici, E., Antiga, L., ... Moreschi, L. (2025). Interoperable traceability in agrifood supply chains: enhancing transport systems through IoT Sensor Data, blockchain, and DataSpace. *Sensors*, 25(11), 3419. <https://doi.org/10.3390/s25113419>
- Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación* (7.ª ed.). McGraw-Hill Education. <https://es.scribd.com/document/905292221/Metodologia-de-La-Investigacion-7ma-Ed-Hernandez-Sampieri-Bibliotecadelfriki-site-1>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2022). Estadísticas sectoriales de exportaciones por producto. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-sectoriales/>
- International Organization for Standardization [ISO]. (2018). *Food safety management systems - Requirements for any organization in the food chain*. <https://www.iso.org/standard/65464.html>
- Kersten, C. C., Kerber, J. M. C., Silva, J. D. S., Bouzon, M., & De Souza Campos, L. M. (2024). Traceability in the agri-food supply chain: a new perspective under the circular economy approach. *Production*, 34. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20240009>
- Organización Mundial de la Salud [OMS] & Food and Agriculture Organization [FAO]. (2012). Código de prácticas para el pescado y los productos pesqueros - Codex alimentarius (segunda edición). <https://www.fao.org/4/i2382s/i2382s.pdf>
- Rodríguez León, A., & Quevedo Olaya, J. L. (2024). Trazabilidad en la cadena de suministro de empresas de alimentos en Latinoamérica. *Revista Científica Pakamuros*, 12(3), 73-87. <https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/400>
- Torres, L. E., Romero, L. C., Holguín, E. P., Ferro, R. & Aguirre, E. A. (2022)

Implementación de un sistema de IoT para el monitoreo del riesgo climático. *Ingeniería y Competitividad*, 24(2), e20811356. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-3032022000200008&script=sci_abstract

Womack, J. P. & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa* (segunda edición). *Gestión 2000*. <https://todoproyectos1.com/wp-content/uploads/2021/03/lean-thinking.pdf>

Zhou, X., Tang, J., Jacobs, T. L., & Saguy, I. S. (2025). Transforming food supply chains through digital tracking and monitoring technologies. *Trends In Food Science & Technology*, 163, 105142. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2025.105142>