

Impacto de la digitalización en los modelos de gestión logística de las Pymes en empresas

Yeimmy Marcela Pacheco Gonzalez

Asesor

Diva Aurora Rubiano Riveros

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Industrial

2026

Dedicatoria

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar con éxito este proceso académico. A mi familia, por su amor incondicional, comprensión y apoyo constante en cada etapa de mi formación profesional.

A mis amigos y compañeros de estudio, quienes con sus palabras de aliento y colaboración hicieron más llevadero este camino. Y finalmente, me lo dedico a mí misma, como un recordatorio de que el esfuerzo, la disciplina y la fe siempre conducen a grandes logros.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, por ser el espacio que me permitió formarme académica y profesionalmente. A la docente asesora Diva Aurora Rubiano, por su valiosa orientación, paciencia y compromiso durante el desarrollo de esta investigación.

A mis compañeras y colegas de carrera, en especial a quienes compartieron ideas, reflexiones y esfuerzos, aportando al crecimiento mutuo. A mi familia, por ser el motor que me impulsa a seguir adelante y nunca desistir. Finalmente, agradezco a cada persona que, de una u otra forma, contribuyó a la construcción de este trabajo y al cumplimiento de una meta más en mi vida.

Resumen

En el contexto de la transformación digital y la globalización, las empresas colombianas requieren modernizar su gestión logística para mejorar su competitividad. El objetivo de esta investigación fue analizar el impacto de la digitalización en los modelos de gestión logística de las empresas colombianas y evaluar sus efectos en la eficiencia operativa, competitividad y sostenibilidad empresarial. Se empleó un enfoque cualitativo, documental y descriptivo comparativo, mediante el análisis de fuentes secundarias y la simulación de dos escenarios: una empresa con alta madurez digital y otra con gestión tradicional. Se evaluaron indicadores clave de desempeño (KPI) como tiempos de entrega, errores operativos, costos logísticos y satisfacción del cliente. Los resultados evidencian que la digitalización mejora significativamente el desempeño logístico al reducir tiempos y fallas en la cadena de suministro. Sin embargo, persisten barreras importantes en las Pymes, como limitaciones financieras, resistencia al cambio y deficiencias tecnológicas. Se concluye que la digitalización es un factor estratégico esencial para la competitividad empresarial en Colombia, aunque su adopción requiere estrategias adaptadas al contexto nacional.

Palabras clave: digitalización, gestión logística, transformación digital, eficiencia operativa, competitividad, Pymes colombianas

Abstract

In the context of digital transformation and globalization, Colombian companies need to modernize their logistics management to enhance competitiveness. The objective of this research was to analyze the impact of digitalization on logistics management models of Colombian companies and evaluate its effects on operational efficiency, competitiveness, and business sustainability. A qualitative, documentary and descriptive-comparative approach was used, based on secondary sources and the simulation of two scenarios: a company with high digital maturity and one with traditional management. Key performance indicators (KPI) such as delivery times, operational errors, logistics costs, and customer satisfaction were evaluated. The results show that digitalization significantly improves logistics performance by reducing delivery times and supply chain failures. However, important barriers persist in SMEs, including financial limitations, resistance to change, and technological deficiencies. It is concluded that digitalization is an essential strategic factor for business competitiveness in Colombia, although its adoption requires context-adapted strategies.

Keywords: digitalization, logistics management, digital transformation, operational efficiency, business competitiveness, Colombian SMEs

Tabla de Contenido

Objetivos.....	18
Objetivo General.....	18
Analizar el impacto de la digitalización en los modelos de gestión logística de las pymes del sector manufacturero en Colombia, con el fin de evaluar sus efectos en la eficiencia operativa, la competitividad y la sostenibilidad empresarial.....	18
Objetivos Específicos	18
Alcance y delimitación del estudio	19
Marco Teórico y Conceptual	20
Digitalización y transformación digital en la logística	20
Modelos de gestión logística tradicionales y digitales	21
Supply Chain Management (SCM) y logística 4.0.....	22
Tecnologías emergentes (Big Data, IoT, IA, automatización, blockchain)	23
Teoría de la Gestión del Cambio Organizacional.....	24
Estado del arte.....	26
Modelación teórica y simulación conceptual.....	30
Marco legal	32
Metodología	37
Tipo de investigación.....	37
Enfoque y diseño metodológico	37
Variables de estudio.....	38
Variable Dependiente: Eficiencia en la Gestión Logística	38

Indicadores de Medición (KPIs).....	39
Técnicas e instrumentos de recolección de datos	39
Análisis comparativo (caso MCT S.A.S. vs. Ferricar S.A.S.).....	40
Consideraciones éticas y limitaciones del estudio.....	42
Desarrollo y análisis de resultados.....	44
Nivel de adopción tecnológica en logística empresarial	44
Impacto de las tecnologías emergentes en el desempeño logístico	44
Barreras internas y externas en la transformación digital.....	45
Propuestas estratégicas de transición digital sostenible	46
Conclusiones	47
Recomendaciones	49
Bibliografía	51
Apéndices.....	61

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Cuadro de síntesis del estado del arte</i>	27
Tabla 2 <i>Leyes, normativas y resoluciones sobre la integración de tecnologías</i>	32
Tabla 3 <i>Comparativa de indicadores de desempeño logístico</i>	41
Tabla 4 <i>Análisis comparativo</i>	61
Tabla 5 <i>Cronograma de ejecución</i>	65

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Estrategias de transición digital sostenible</i>	46
Figura 2 <i>Tiempo promedio de entrega por empresa (en horas)</i>	62
Figura 3 <i>Porcentaje de errores en entregas.</i>	63
Figura 4 <i>Costos operativos mensuales (USD).</i>	63
Figura 5 <i>Nivel de satisfacción del cliente (escala 1-5)</i>	64
Figura 6 <i>Tiempo de procesamiento interno por empresa (en horas).</i>	64

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Análisis estadístico comparativo</i>	61
Apéndice B <i>Las figuras derivadas del análisis anterior:</i>	62
Apéndice C <i>Cronograma de ejecución</i>	65

Introducción

La transformación digital en la logística se ha consolidado como un paradigma estratégico para las organizaciones que buscan eficiencia, trazabilidad y competitividad en un mercado globalizado. Sin embargo, en el contexto colombiano, específicamente en las Pequeñas y Medianas Empresas (pymes) del sector industrial y manufacturero, existe una brecha estructural significativa respecto a los estándares internacionales de la Logística 4.0. Mientras que a nivel global se avanza hacia la integración de sistemas ciberfísicos, en el entorno nacional la adopción de tecnologías como el Big Data, la Inteligencia Artificial (IA) y el Internet de las Cosas (IoT) es aún incipiente y desigual.

Esta discrepancia tecnológica se refleja en las cifras del Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones (ONTSI), que reporta que solamente el 35% de las pymes colombianas ha incorporado soluciones digitales en sus procesos logísticos, una cifra alarmante frente al 60% registrado en los países de la OCDE. Esta situación posiciona a Colombia en el lugar número 64 de 139 países evaluados en el Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial, lo que evidencia debilidades críticas en la infraestructura tecnológica y la eficiencia operativa que limitan la capacidad de respuesta de las empresas nacionales ante mercados de alta velocidad.

A pesar de que los beneficios teóricos de la digitalización —como la reducción de costos operativos y la mejora en la experiencia del cliente— son ampliamente aceptados, las pymes manufactureras en Colombia enfrentan barreras relacionadas con la falta de recursos financieros, una escasa cultura de innovación y la persistencia de modelos de gestión tradicionales basados en procesos manuales y estructuras jerárquicas rígidas. Según datos del DANE (2022), el 48% de las empresas del sector atribuyen sus retrasos en las entregas y el incremento de costos a una "inadecuada tecnificación". En consecuencia, existe un vacío de conocimiento crítico y una falta

de evidencia medible sobre el impacto real que la transición digital ejerce sobre los indicadores clave de desempeño (KPI) en el contexto industrial local. No se cuenta con suficientes estudios comparativos que demuestren, bajo una lógica de Ingeniería Industrial, cómo la adopción de herramientas digitales transforma la eficiencia logística en comparación con los modelos tradicionales. Por tanto, es imperativo investigar esta correlación para proporcionar una hoja de ruta técnica y una base de toma de decisiones que permita a las empresas colombianas mejorar su posicionamiento y garantizar su sostenibilidad empresarial en la era de la industria 4.0.

Formulación de problema

La revolución digital, en el ámbito de la logística, ha significado un cambio tremendo en los modelos de gestión, haciéndose parte del proceso estratégico para el desarrollo y la competitividad de las organizaciones; inclusive el caso colombiano es quizás más desalentador porque según el Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (ONTIS, 2023, p.12) solo el 35% de las pymes han incorporado soluciones digitales, lo cual en términos de la brecha tecnológica hace referencia a una problemática estructural de las posibilidades de respuesta de las empresas nacionales del país a un mercado cada vez más globalizado y muy competitivo.

Varios estudios consultados hacen eco de la relevancia que tienen las tecnologías emergentes. En el caso de Rojas García et al. (2023) se establece que "el uso de los sistemas digitales dentro de la logística ha posibilitado a las empresas poder tomar decisiones soportados por la evidencia de los datos" (p. 68). Por su parte, Guananga Reyna y Andrade Zamora (2024) concluyen que "la digitalización permite la conectividad entre proveedores, operadores logísticos y usuarios finales, aumentando la competitividad y disminuyendo los cuellos de botella" (p. 61). Son notables sin embargo las dificultades que persisten: Flores Porras y Milla Montoya (2022) apuntan que "a pesar de la existencia de avances tecnológicos, a muchas empresas latinoamericanas han visto dificultado el aplicar modelos digitales integrales" (p. 58). En esta misma dirección Herrera García (2023) señala que "los modelos tradicionales de gestión logística están constituidos por procesos manuales, jerárquicos y con escasa capacidad de respuesta a los cambios del medio" (p. 42).

Las repercusiones de tal situación se plasman en indicadores internacionales y/o nacionales. En este punto, el Banco Mundial realiza una afirmación que resulta abrumadora,

indicando que "Colombia se sitúa en la posición número 64 de 139 países evaluados en el Índice de Desempeño Logístico que refleja debilidades en cuanto a la infraestructura y la eficiencia de la gestión aduanera" (p. 5). Parafraseando de manera similar, el DANE, en 2022, manifiesta que "el 48% de las empresas manufactureras expresan que la razón que determina el retraso en la entrega de productos y costos más elevados es la inadecuada tecnificación" (p. 21).

La persistencia de modelos de gestión logística tradicionales, basados en procesos manuales y estructuras jerárquicas con baja capacidad de respuesta, limita el crecimiento de las empresas manufactureras en Colombia. Esta situación se agrava por la falta de una hoja de ruta clara para la implementación tecnológica, lo que resulta en una variable dependiente (gestión logística) deficiente frente a una variable independiente (digitalización) que no se ha integrado de manera estratégica.

Justificación

La presente investigación es relevante desde una perspectiva académica y profesional, ya que aporta un diagnóstico técnico sobre la situación actual de la logística 4.0 en Colombia.

Como ya mencionó, el Banco Mundial (2023), ubica a Colombia en la posición 64 en del Índice de Desempeño Logístico, lo que evidencia debilidades estructurales que este estudio pretende analizar.

La revolución digital ha transformado radicalmente los modelos de gestión logística en el ámbito internacional. Ciertamente, tal como recuerda el Banco Mundial (2023), “la transformación digital constituye hoy uno de los elementos determinantes para el crecimiento y la competitividad de las organizaciones” (p. 5). Sin embargo, en el caso colombiano, la situación es desalentadora. Tal como lo detalla el Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información ONTSI (2023), “solamente el 35% de las pymes ha aplicado soluciones digitales en sus procesos logísticos, mientras que en los países de la OCDE supera el 60%” (p. 12). Y esta brecha tecnológica “constituye una problemática estructural que socava la capacidad de respuesta de las empresas en un entorno de mercado cada vez más globalizado y competitivo” (ONTSI, 2023, p. 13).

Distintas investigaciones subrayan que las nuevas tecnologías son una oportunidad importante para transformar la logística. Para Rojas García et al. (2023), “la utilización de sistemas digitales en el ámbito de la logística ha brindado a las empresas la opción de realizar decisiones sustentadas en la evidencia que aportan los datos” (p. 68). De la misma manera, Guananga Reyna y Andrade Zamora (2024) mantienen que “la digitalización reduce los cuellos de botella, al permitir la conectividad entre los proveedores, los operadores logísticos y los usuarios finales, por lo que la competitividad aumenta” (p. 61).

Por el contrario, existen limitantes notables. Flores Porras y Milla Montoya (2022) indican que "a pesar de la existencia de progresos tecnológicos, a muchas empresas latinoamericanas les cuesta poder establecer modelos digitales completos" (p. 58). También van en la misma línea lo tratado por Herrera García (2023), quien resalta que "los modelos tradicionalistas de la gestión logística se caracterizan por procesos manuales, jerarquizados y con poca capacidad de reacción ante los cambios del entorno" (p. 42).

Los efectos de esta problemática se evidencian con respecto a los indicadores. Según el Banco Mundial (2023), "Colombia ocupa la posición número 64 entre 139 países en el Índice de Desempeño Logístico, mostrando debilidades en infraestructura y eficiencia aduanera" (p. 7). Complementariamente, el DANE (2022) reporta que "el 48% de las empresas manufactureras sostiene que la principal causa de los retrasos en las entregas y el aumento de los costos es la baja tecnología" (p. 21).

En esta línea, la dificultad no constaría solo en la falta de recursos financieros sino en factores de orden cultural, estratégico y de gestión del cambio. Como advierten Rey Escobar y Valle Nieto (2024), "el éxito o el fracaso del cambio digital depende, en gran medida, del liderazgo, la capacitación y la resistencia a la transformación de los profesionales" (p. 48). Por este motivo, se hace necesario estudiar de forma rigurosa "los efectos de la introducción de las tecnologías digitales sobre la eficiencia operativa, la competitividad y la responsabilidad corporativa" (Merino & Pérez, 2024, p. 167), de forma tal que se puedan diseñar estrategias adaptadas a la realidad nacional que permitan la inclusión de las pymes colombianas a un modelo de logística digital más eficiente y resiliente.

La importancia de investigar esta problemática radica en la necesidad de generar estrategias de mitigación ante la "inadecuada tecnificación" que reporta el DANE como causa del

48% de los retrasos en empresas manufactureras. El aporte concreto de este estudio es la creación de un modelo de simulación comparativo que sirve como herramienta de toma de decisiones para gerentes de logística y entes gubernamentales encargados de políticas públicas de digitalización. Al proporcionar evidencia sobre cómo la tecnología transforma variables como el tiempo de entrega y la satisfacción del cliente, este trabajo ofrece una hoja de ruta para que las pymes mejoren su posicionamiento en un mercado globalizado.

Formulación de problema

¿Cómo impacta la digitalización en los modelos de gestión logística de las empresas colombianas, y cuáles son las oportunidades y desafíos que implica la adopción de tecnologías emergentes en el contexto de la Ingeniería Industrial?

Objetivos

Objetivo General

Analizar el impacto de la digitalización en los modelos de gestión logística de las pymes del sector manufacturero en Colombia, con el fin de evaluar sus efectos en la eficiencia operativa, la competitividad y la sostenibilidad empresarial.

Objetivos Específicos

Diagnosticar el nivel de adopción de tecnologías digitales en los procesos logísticos de las empresas colombianas, identificando las brechas actuales frente a estándares internacionales.

Examinar, mediante modelación teórica, el impacto de herramientas emergentes como Big Data e IoT en indicadores clave de desempeño logístico.

Identificar las barreras internas y externas que dificultan la transición hacia una logística 4.0 en el entorno de las pymes nacionales.

Diseñar propuestas estratégicas que fomenten una transformación digital eficaz, sostenible y adaptada a la capacidad organizacional de las empresas del sector.

Alcance y delimitación del estudio

El presente estudio tiene un alcance descriptivo y exploratorio, orientado a analizar el impacto de la digitalización en los modelos de gestión logística de las empresas colombianas, especialmente en pequeñas y medianas empresas de los sectores manufacturero y logístico. La investigación busca identificar los efectos de la adopción de tecnologías emergentes en la eficiencia operativa, la competitividad y la sostenibilidad empresarial, así como establecer un análisis comparativo que permita proponer estrategias de mejora.

Desde el punto de vista metodológico, se emplea un enfoque cualitativo basado en el análisis comparativo mediante la simulación de dos empresas ficticias, lo cual permite representar escenarios organizacionales reales sin recurrir a la recolección de datos primarios. Esta aproximación facilita el análisis conceptual del fenómeno, aunque limita la generalización de los resultados.

En cuanto a la delimitación, el estudio se circunscribe al contexto colombiano en el periodo 2020–2025, con énfasis en pequeñas y medianas empresas debido a su mayor vulnerabilidad frente a los desafíos de transformación digital. Asimismo, se enfoca en tecnologías como Big Data, inteligencia artificial, automatización e Internet de las Cosas (IoT), excluyendo otras herramientas digitales no directamente relacionadas con la gestión logística.

Finalmente, la investigación no incluye estudios de caso con empresas reales lo cual permite generar indicadores de eficiencia y proyecciones basadas sin necesidad de realizar un trabajo de campo con datos variables.

Marco Teórico y Conceptual

La presente investigación se fundamenta en la relación entre la transformación tecnológica y la optimización de procesos. Para efectos de este estudio, se define la Eficiencia Operativa como la capacidad de maximizar los resultados logísticos mediante el uso óptimo de recursos y la reducción de tiempos de ciclo. Asimismo, la Competitividad Empresarial se entiende como la facultad de las pymes para sostener una ventaja comparativa en el mercado mediante la adopción de modelos de gestión ágiles. Estos conceptos articulan el análisis del impacto de la digitalización en el contexto industrial colombiano.

Digitalización y transformación digital en la logística

La digitalización ha transformado la forma de concebir y gestionar los diferentes procesos de la Logística. Las empresas deben incorporar herramientas tecnológicas a su cadena de suministro para ser eficientes y competitivas. "La digitalización no es solo la incorporación de la tecnología; es un cambio radical en las estructuras de negocio y cultura corporativa" (Townsend Valencia & Figueroa Filián, 2022, p. 409).

Por tanto, la transformación digital es una evolución estratégica que permite la reingeniería de los procesos logísticos con mayor trazabilidad, reducción de costes y optimización del tiempo de respuesta. "El uso de sistemas digitales dentro de la Logística ha otorgado a las empresas la capacidad de tomar decisiones apoyadas en la evidencia de los datos, además de transformarse con un entorno cambiante" Rojas García et al. (2023, p. 68). Esta evolución exigiría nuevas funcionalidades del talento humano y una transformación profunda de la estructura organizativa.

A su vez, la digitalización también ha demostrado tener un efecto a corto plazo en la sostenibilidad del sector logístico. "Los procesos digitalizados contribuyen a la reducción de

emisiones y a un uso más eficiente de los recursos logísticos" (Flores Porras & Milla Montoya, 2022, p. 35). En este sentido, no sólo se presenta como una herramienta que permite la eficiencia operativa, sino que también. Esto nos permite identificar que la digitalización no es un evento aislado, sino el motor de cambio para las pymes colombianas que buscan transitar de la operatividad reactiva a una gestión proactiva basada en información.

Modelos de gestión logística tradicionales y digitales

Los modelos tradicionales de gestión logística se han caracterizado por un enfoque secuencial y centralizado, donde el flujo de información era escaso y la toma de decisiones era lenta: "Estas formas de gestión se fundamentaban en procesos manuales, jerarquizados y con escasa capacidad de reacción ante los cambios del medio" (Herrera García, 2023, p. 42). Por el contrario, las alternativas digitales combinan herramientas tecnológicas que ayudan a facilitar la automatización, el seguimiento en tiempo real y la mayor interacción que necesitamos los eslabones de la cadena de suministro.

La digitalización ha generado una transformación profunda en la arquitectura de los mismos modelos logísticos: "Pasar de sistemas tradicionales a modelos digitales implica el uso de software específico para la planificación de rutas, control de inventarios y predicción de la demanda" (García Abad & Távora Adrianzén, 2021, p. 48). De esta forma, sumamos rapidez y precisión, dos aspectos muy importantes para hacer frente a los retos que impone la globalización del comercio.

Además, los modelos digitales conllevan la integración vertical y horizontal de la cadena de suministro. "La digitalización facilita la conectividad entre proveedores, operadores logísticos, usuarios finales y autoridades de aduanas, lo que a su vez incrementa la competitividad y minimiza los cuellos de botella" (Guananga Reyna & Andrade Zamora, 2024,

p. 61). Significativamente, esta integración se manifiesta a partir de redes logísticas más resilientes y colaborativas.

La distinción entre ambos modelos justifica la creación de los escenarios simulados (MCT S.A.S. y Ferricar S.A.S.), permitiendo observar cómo la arquitectura digital elimina los cuellos de botella propios de la gestión manual, esto quiere decir que en la gestión manual (Ferricar): El cuello de botella es humano y físico (alguien tiene que anotar en un papel, alguien tiene que llamar por teléfono). La teoría dice que esto causa lentitud. En la gestión digital (MCT): La arquitectura digital (sensores, software) elimina la necesidad de esas pausas.

Supply Chain Management (SCM) y logística 4.0

La "gestión de la cadena de suministro" (SCM) ha dado lugar a formas de organización más dinámicas, dentro del contexto de la logística 4.0, caracterizada por el uso intensivo de tecnologías digitales, análisis predictivo y sistemas ciberfísicos, "proponiendo una logística que plantea una cadena de suministro digitalmente conectada que responde a las variaciones ambientales en tiempo real" (Rey Escobar & Valle Nieto, 2024: 14).

La extensión del SCM en el entorno 4.0 requiere rediseñar los propios procesos para sincronizar lo más posible la oferta y la demanda. "A través de la recopilación de grandes volúmenes de datos y su posterior análisis, las empresas pueden anticipar cambios para adaptar sus operaciones logísticas con mayor asertividad" (González-Cancelas, Molina Serrano & Soler-Flores, 2020: 343), lo que les confiere una ventaja competitiva en mercados inestables y con alta variabilidad

La logística 4.0 también orienta hacia la trazabilidad total del producto, promoviendo la transparencia. "Los sistemas inteligentes permiten un rastreo desde el origen hasta la entrega final con una calidad de servicio mejorada y una reducción de los riesgos de deterioro y pérdida"

(Merino & Pérez, 2024: 164). Esta evolución se presenta, además, como una forma de redefinir la relación entre las empresas logísticas y sus clientes.

El concepto de SCM 4.0 es el eje central para evaluar el desempeño de la empresa modelo, donde la trazabilidad total se convierte en el indicador de éxito frente a modelos tradicionales.

Tecnologías emergentes (Big Data, IoT, IA, automatización, blockchain)

Las tecnologías emergentes están revolucionando la logística actual, permitiendo una interconectividad, automatización y análisis de datos predictivo de los procesos. El Big Data es una de las tecnologías emergentes que permite masivos análisis logísticos y una correcta toma de decisiones, la interconexión de dispositivos en la logística moderna es el Internet de las Cosas (IoT) que permite dicha interconexión para un monitoreo en tiempo real de los procesos. "Las tecnologías emergentes generan, por tanto, una ventaja competitiva al permitir operaciones más ágiles y con menor margen de error" (Townsend Valencia & Figueroa Filián, 2022, p. 414).

La Inteligencia Artificial (IA) permite análisis de patrones de demanda, automatización de procesos repetitivos y la predicción de fallos de la cadena de suministro; "la IA en la logística aporta también eficiencia, reducción de costes y la capacidad de respuesta ante rápidos cambios del entorno" (Rojas García et al, 2023, p. 68).

El blockchain, por su parte, permite llevar la trazabilidad y la transparencia de las transacciones, lo que resulta de vital importancia para las operaciones logísticas internacionales. "El blockchain mejora la integridad de la información a lo largo de la cadena logística reduciendo el riesgo de fraudes y aumentando la confianza de los actores" (Fernández Peyra, 2025, p. 35).

Estas herramientas se definen aquí como los insumos técnicos que diferencian a una empresa con alto nivel de madurez digital de una pyme con baja tecnificación en el contexto nacional.

Teoría de la Gestión del Cambio Organizacional

La forma de afrontar el cambio organizacional es fundamental para interpretar el modo en que las organizaciones pueden adaptar su transformación digital a su relación logística. Una forma de afrontar el cambio organizacional se compone de distintas etapas que van desde la preparación, la implantación hasta la consolidación del cambio; enfatiza cuestiones como la comunicación o la gestión del talento humano. "El éxito o fracaso del cambio digital depende de en gran medida del liderazgo, la capacitación y la resistencia al cambio de los profesionales" (Rey Escobar & Valle Nieto, 2024, p. 48).

Uno de los puntos álgidos de la digitalización es la resistencia al cambio, lo que puede comportar retrasos o ineficiencias, de ahí la importancia de tener una estrategia definida, incluir el acompañamiento a los grupos, así como la definición de indicadores del propio proceso". Se ha de afirmar que "el proceso de transformación digital precisa de una cuidadosa planificación y una cultura organizativa "nivel de aprendizaje de la organización" (Herrera García, 2023, p. 52).

Por otra parte, la forma de afrontar el cambio organizacional es importante porque se debe tener en cuenta que los objetivos tecnológicos deben ser acordes a la visión y la misión de la organización; la transformación digital no es solamente un cambio tecnológico, sino que es un proceso integral. "La adaptación exitosa al entorno digital implica unir la estrategia tecnológica con la cultura y la estructura de la organización" (Guananga Reyna & Andrade Zamora, 2024, p. 30).

Esta teoría fundamenta el análisis de las barreras críticas en las pymes colombianas, explicando por qué la sola adquisición de tecnología no garantiza la mejora en los indicadores logísticos.

Estado del arte

El análisis del estado del arte evidencia que la digitalización de la logística constituye un fenómeno ampliamente estudiado a nivel internacional, pero con importantes vacíos en el contexto colombiano. Diversos autores coinciden en que la transformación digital no se limita a la adopción de herramientas tecnológicas, sino que implica cambios profundos en los procesos, la cultura organizacional y la gestión del talento humano. Esta perspectiva resalta que la incorporación de Big Data, IoT e inteligencia artificial ha generado mejoras en la toma de decisiones y en la eficiencia operativa de las empresas.

Sin embargo, otros estudios muestran que, a pesar de estos avances, las pymes latinoamericanas —y en particular las colombianas— enfrentan dificultades significativas para implementar modelos digitales integrales. Entre las limitaciones más frecuentes se destacan la falta de infraestructura, la resistencia al cambio y la escasa capacitación del personal (Flores & Milla, 2022; Herrera, 2023). García Abad y Távara (2021) profundizan en esta brecha al señalar que la distancia tecnológica entre grandes corporaciones y pymes constituye un obstáculo estructural que condiciona la competitividad regional.

Una diferencia relevante entre los estudios internacionales y los latinoamericanos radica en el nivel de análisis: mientras que los primeros suelen enfocarse en mediciones longitudinales de productividad y sostenibilidad, los segundos tienden a ser exploratorios o descriptivos, sin llegar a establecer relaciones causales sólidas. En el caso colombiano, investigaciones recientes (Rey Escobar & Valle Nieto, 2024; Guevara, 2021) coinciden en señalar que la adopción de tecnologías digitales se concentra en grandes exportadoras, dejando a las pymes con niveles bajos de madurez digital.

En resumen, la literatura revisada constata coincidencias en que las tecnologías emergentes (Big Data, IoT, inteligencia artificial, automatización y blockchain) conforman unos de los factores determinantes en la mejora de la competitividad, la trazabilidad y la sostenibilidad que se persigue en la gestión logística. No obstante, también existen diferencias relevantes sobre el nivel de adopción, qué sectores son los más avanzados y qué capacidad tienen las organizaciones para afrontar la gestión del cambio digital.

A nivel internacional, la transformación digital se posiciona como una tendencia estratégica que redefine los modelos de negocio, a diferencia de América Latina, donde se evidencia, en particular en Colombia, una brecha tecnológica estructural que impide la modernización logística de las pymes.

Los artículos revisados coinciden en que la digitalización orienta a la mejora de la eficiencia operativa y en la mejora de la toma de decisiones, si bien indican que el éxito de la digitalización presente depende de la formación del talento humano, la infraestructura tecnológica y del liderazgo organizacional.

Los resultados con los que cuenta el presente estudio justifican la posibilidad de estudiar el mismo desde un contexto colombiano desde la Ingeniería Industrial y ofrecer estrategias de transición digital sostenible y aplicada.

Tabla 1

Cuadro de síntesis del estado del arte

Autor(es) / Año	Tecnología o enfoque	Sector analizado	Principales resultados	Limitaciones identificadas	Aporte al estudio
Townsend & Figueroa (2022)	Transformación digital organizacional	Empresas comerciales (LatAm)	Evidencia un cambio cultural y estructural que mejora la eficiencia.	Falta de estudios aplicados en logística.	Aporta una base teórica sobre la gestión del cambio digital en empresas latinoamericanas.

Rojas, Ajuría & Arambarri (2023)	Big Data, IA, IoT	Pymes logísticas (Perú)	Decisiones basadas en datos y aumento de competitividad.	Análisis descriptivo, sin medición longitudinal.	Sustenta el valor del análisis predictivo y la toma de decisiones basadas en datos.
Flores & Milla (2022)	Digitalización logística	Navieras (Perú)	Mejora la trazabilidad y el control de operaciones.	Resistencia al cambio y falta de integración.	Refuerza la necesidad de programas de gestión del cambio en procesos logísticos.
Herrera (2023)	Modelos tradicionales vs. Digitales	Transporte terrestre (Colombia)	Identifica limitaciones de procesos manuales y jerárquicos.	Escasa capacidad de reacción y adaptación tecnológica.	Permite contextualizar la brecha tecnológica en empresas colombianas.
García Abad & Távara (2021)	Estrategias de digitalización	Aduanas (Perú)	Mayor agilización de procesos mediante herramientas digitales.	Brecha entre pymes y grandes corporaciones.	Enfatiza la necesidad de estrategias diferenciales según tamaño empresarial.
Rey Escobar & Valle (2024)	Inteligencia Artificial en logística internacional	Exportadoras (Colombia)	Optimización de inventarios y predicción de demanda.	Aplicable solo a grandes empresas.	Sirve como referencia para extrapolar prácticas exitosas a pymes colombianas.
Guevara (2021)	Logística 4.0	Sector logístico (Colombia)	Identifica avances en digitalización y retos de adopción tecnológica.	Bajo enfoque en pymes.	Expone el nivel de madurez digital del sector logístico colombiano.
Merino & Pérez (2024)	Impacto en empleo y cualificaciones	Logística (Europa)	Mide el efecto de la digitalización en empleo y sostenibilidad.	Escasa referencia a América Latina.	Aporta una perspectiva internacional sobre los impactos sociales del cambio digital.

De manera general, los autores convergen en que la digitalización de la logística es una herramienta indispensable para lograr eficiencia, resiliencia y sostenibilidad en las cadenas de suministro. No obstante, la literatura latinoamericana y colombiana aún presenta vacíos empíricos respecto a la medición del impacto real de las tecnologías emergentes en pymes, lo que resalta la necesidad de investigaciones aplicadas que contribuyan a reducir la brecha tecnológica y promuevan estrategias de transformación digital adaptadas al contexto nacional.

Modelación teórica y simulación conceptual

La modelación teórica es una herramienta metodológica que permite expresar mediante una construcción conceptual realidades complejas, a partir de la información proporcionada por fuentes documentales. En el contexto de la monografía, la modelación no tiene como objetivo, predecir resultados empíricos sino interpretar tendencias y comportamientos detectados en los estudios analizados sobre la digitalización y la gestión logística.

Se puede utilizar modelaciones teóricas como estrategia en las investigaciones documentales, porque, explica Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) permite entender fenómenos sociales por medio de escenarios simulados apoyándose en los referentes académicos previos. Estos modelos conceptuales permiten visualizar relaciones hipotéticas entre variables, interpretar el efecto potencial, la influencia que pueden ejercer tecnologías digitales y contrastar los resultados de diferentes fuentes.

Esta monografía, la simulación conceptual se desarrolla a partir del análisis comparativo de los referentes documentales que abordan la transformación digital de la logística empresarial. A partir de la síntesis bibliográfica se diseñan dos escenarios teóricos contrastantes:

- MCT S.A.S., empresa modelo con alto nivel de digitalización, que simboliza la adopción avanzada de tecnologías como IoT, Big Data y automatización.
- Ferricar S.A.S., empresa con bajo nivel de digitalización, que representa prácticas tradicionales con limitada integración tecnológica.

La elaboración de estos escenarios no se contrapone al levantamiento empírico, es más, representa la interpretación y planeación en términos conceptuales de los hallazgos dejados por la literatura científica. La confrontación de ambos da salida, con un enfoque más didáctico, a los

efectos que la digitalización podría provocar sobre los parámetros principales en cuanto a la eficiencia operativa, la trazabilidad, la reducción de costes o la satisfacción del cliente.

En conclusión, la teoría modelada en la presente investigación hace la función de puente entre el marco conceptual y el análisis de los resultados practicados, apoyando las conclusiones a partir de lo teórico y no en la medición empírica, formando así parte de las garantías de la correcta lógica metodológica del trabajo, que se rige estrictamente documental. Esta teoría fundamenta el análisis de las barreras críticas en las pymes colombianas, explicando por qué la sola adquisición de tecnología no garantiza la mejora en los indicadores logísticos.

Marco legal

El objetivo de este marco legal es reconocer las leyes y estándares que regulan los procesos logísticos digitalizados en Colombia y el mundo. Dado que la tecnología es un componente esencial de la gestión logística moderna, es clave entender cómo la normativa brinda los parámetros para su aplicación ética y eficiente. Se exploran, por tanto, las regulaciones sobre tratamiento de información y comercio digital, situando esta monografía en un escenario normativo donde el cumplimiento de la ley se convierte en un factor habilitador de la competitividad y la innovación empresarial.

Tabla 2

Leyes, normativas y resoluciones sobre la integración de tecnologías

N°	Nombre	Resumen	Bibliografía
Ley 527 de 1999	Ley de Comercio Electrónico, Firmas Digitales y Mensajes de Datos	Define y reglamenta el acceso y uso de los mensajes de datos y el comercio electrónico. Otorga validez legal a las firmas digitales y documentos electrónicos en la cadena de suministro.	Congreso de la República de Colombia. (1999, 18 de agosto). Ley 527 de 1999. Por medio de la cual se define y reglamenta el acceso y uso de los mensajes de datos, del comercio electrónico y de las firmas digitales, y se establecen las entidades de certificación. Diario Oficial No. 43.673. http://www.secretariasenado.gov

			v.co/senado/basedoc/ley 0527 1999.html
Ley 1581 de 2012	Ley General de Protección de Datos Personales (Habeas Data)	Regula el tratamiento de datos personales en bases de datos. Es fundamental para la logística digital que maneja información de clientes, transportistas y proveedores (trazabilidad).	Congreso de la República de Colombia. (2012, 17 de octubre). Ley 1581 de 2012. Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales. Diario Oficial No. 48.587. http://www.secretariasenado.go v.co/senado/basedoc/ley1581 2012.html
CONPES 3975 de 2019	Política Nacional para la Transformaci ón Digital e Inteligencia Artificial	Establece los lineamientos para la adopción de tecnologías emergentes (IA, IoT, Big Data) en el sector privado para aumentar la productividad y la competitividad empresarial.	Consejo Nacional de Política Económica y Social [CONPES]. (2019). Documento CONPES 3975: Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial. Departamento Nacional de Planeación. https://colaboracion.dnp.gov.co

			/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3975.pdf
CONPES 3982 de 2020	Política Nacional de Logística	Hoja de ruta para reducir costos logísticos en Colombia. Promueve la digitalización de trámites, la facilitación del comercio y la mejora de la infraestructura tecnológica en nodos logísticos.	Consejo Nacional de Política Económica y Social [CONPES]. (2020). Documento CONPES 3982: Política Nacional de Logística. Departamento Nacional de Planeación. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3982.pdf
Decreto 1165 de 2019	Régimen de Aduanas	Regula las operaciones de comercio exterior. Establece el uso de servicios informáticos electrónicos para la gestión aduanera, permitiendo la interoperabilidad digital en la logística internacional.	Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2019, 2 de julio). Decreto 1165 de 2019. Por el cual se dictan disposiciones relativas al Régimen de Aduanas. Diario Oficial No. 51.002. https://www.dian.gov.co/
Ley de 2019	Ley de Modernización	Promueve la conectividad y el despliegue de infraestructura	Congreso de la República de Colombia. (2019, 25 de julio).

n del Sector TIC	tecnológica. Crucial para garantizar que los procesos de logística digital tengan soporte de red en todo el territorio nacional.	Ley 1978 de 2019. Por la cual se moderniza el sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). Diario Oficial No. 51.025. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley19782019.html	
Ley 2069 de 2020	Ley del Emprendimiento	Incluye artículos sobre la transformación digital de las Mipymes y la simplificación de procesos logísticos para fomentar el crecimiento empresarial y la innovación tecnológica.	Congreso de la República de Colombia. (2020, 31 de diciembre). Ley 2069 de 2020. Por medio de la cual se impulsa el emprendimiento en Colombia. Diario Oficial No. 51.544. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley20692020.html
Ordenanza 011 de 2024	Plan de Desarrollo Departamental	Define metas regionales para la competitividad y la conectividad. Incluye programas de apoyo a la logística regional y la	Asamblea Departamental de Cundinamarca. (2024, 30 de mayo). Ordenanza No. 011 de 2024. Por la cual se adopta el

"Cundinamarca, Región que Progresará"	digitalización de sectores productivos en los municipios de Cundinamarca.	Plan de Desarrollo Departamental de Cundinamarca para el periodo 2024-2027. Gobernación de Cundinamarca. https://www.cundinamarca.gov.co/
Circular Única de la SIC	Título V: Protección del Consumidor de Comercio Electrónico	Contiene las instrucciones de la Superintendencia de Industria y Comercio sobre la información mínima que debe haber en la logística de entrega y portales de comercio electrónico.
		Superintendencia de Industria y Comercio [SIC]. (2001). Circular Única: Título V sobre protección al consumidor en comercio electrónico. https://www.sic.gov.co/normatividad/circular-unica

Metodología

Tipo de investigación

Esta investigación corresponde a una monografía de tipo documental y descriptiva—comparativa, orientada al análisis de referentes investigativos sobre el impacto de la digitalización en los modelos de gestión logística. Su propósito principal es examinar, a partir de fuentes secundarias, cómo las tecnologías emergentes transforman la eficiencia, productividad y competitividad de las empresas.

El estudio no implica levantamiento de información empírica ni aplicación de instrumentos en campo; se desarrolla desde el análisis crítico y comparativo de literatura académica, técnica e institucional. Asimismo, se plantea una simulación teórica de dos contextos empresariales (una empresa con alto nivel de digitalización (MCT S.A.S.) y otra con baja incorporación tecnológica (Ferricar S.A.S.))con el fin de modelar diferencias hipotéticas en variables logísticas clave, tales como los tiempos de entrega, los costos operativos, la satisfacción del cliente y los errores de despacho.

Enfoque y diseño metodológico

El enfoque metodológico adoptado es de carácter cualitativo-descriptivo, sustentado en la revisión y análisis comparativo de información documentada. Se interpretan y contrastan los aportes de diferentes estudios científicos y técnicos, con el propósito de identificar patrones, coincidencias, divergencias y vacíos en torno a la digitalización logística.

El diseño de la investigación es no experimental y transversal, ya que no se manipulan variables reales ni se realiza observación directa en empresas. El análisis se realiza en un único momento temporal, a partir de información publicada y consolidada en investigaciones previas.

La modelación teórica de escenarios constituye la estrategia metodológica central. A través de ella, se representa conceptualmente el comportamiento de dos tipos de empresas (MCT S.A.S. y Ferricar S.A.S.) para evidenciar, de forma ilustrativa, cómo las herramientas digitales podrían modificar indicadores logísticos relevantes, basándose siempre en la evidencia revisada en la literatura.

Variables de estudio

Para garantizar la validez del análisis comparativo y la correcta interpretación de los resultados obtenidos mediante la simulación conceptual, se definen a continuación las variables que rigen la presente investigación:

Variable Independiente: Grado de Digitalización

Se define conceptualmente como el nivel de integración de tecnologías digitales, automatización y herramientas de la industria 4.0 en los procesos de la cadena de suministro. En esta monografía, esta variable es de tipo cualitativa-dicotómica, representada por dos escenarios contrastantes:

- Alto nivel de madurez digital: Caracterizado por el uso de ERP, IoT, Big Data y analítica predictiva (representado por la empresa ficticia MCT S.A.S.).
- Modelo de gestión tradicional: Caracterizado por procesos manuales, baja trazabilidad y ausencia de herramientas tecnológicas integradas (representado por la empresa ficticia Ferricar S.A.S.).

Variable Dependiente: Eficiencia en la Gestión Logística

Se define como la capacidad de la organización para optimizar sus recursos, reducir fallos y cumplir con los requisitos del mercado en términos de tiempo y costo. Esta variable es de

naturaleza cuantitativa y su comportamiento está supeditado al grado de digitalización implementado en la organización.

Indicadores de Medición (KPIs)

Para operacionalizar la variable dependiente y medir el impacto de la digitalización, se han seleccionado cinco indicadores clave de desempeño (KPI), los cuales fueron analizados en el modelo de simulación:

- Tiempo promedio de entrega (h): Mide la velocidad de respuesta desde la generación del pedido hasta la entrega final.
- Porcentaje de errores en entregas (%): Evalúa la fiabilidad del proceso y la eficacia de los sistemas de trazabilidad.
- Costos operativos mensuales (USD): Analiza el impacto económico de la automatización frente a la mano de obra intensiva y los procesos manuales.
- Nivel de satisfacción del cliente (escala 1-5): Indicador de la percepción de calidad y cumplimiento por parte del consumidor final.
- Tiempo de procesamiento interno (h): Mide la eficiencia burocrática y operativa de los flujos de información dentro de la bodega o centro de distribución.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La metodología empleada para la recolección y análisis de la información se basó en fuentes documentales y bibliográficas, priorizando estudios científicos, informes técnicos y publicaciones académicas que abordan la transformación digital en la gestión logística. A partir de dichos referentes se construyeron escenarios teóricos simulados, los cuales permiten contrastar el comportamiento de empresas con distintos niveles de digitalización.

La información se organizó y sistematizó mediante una matriz comparativa de indicadores clave de desempeño (KPI), elaborada con base en parámetros y resultados reportados por la literatura especializada. Esta matriz fue la herramienta central para la comparación conceptual entre los dos modelos empresariales simulados: MCT S.A.S. (alta digitalización) y Ferricar S.A.S. (baja digitalización).

Los principales instrumentos y técnicas utilizadas fueron:

- Revisión documental y bibliográfica sistemática, orientada a identificar estudios recientes sobre digitalización logística, logística 4.0 y gestión del cambio organizacional.
- Tablas comparativas para registrar y contrastar información extraída de las fuentes analizadas.
- Gráficos de barras y líneas elaborados en hoja de cálculo para visualizar diferencias teóricas entre los modelos logísticos propuestos.
- Fichas técnicas descriptivas para sintetizar las características generales de cada empresa modelo, tales como su estructura organizacional, grado de digitalización, tecnologías empleadas y prácticas logísticas predominantes.

La aplicación de estos instrumentos permitió realizar un análisis ordenado, coherente y riguroso de la información documental, garantizando la consistencia del estudio y la validez teórica de los resultados. Si bien los datos utilizados son simulados, estos se diseñaron siguiendo lógicas realistas basadas en referentes académicos y estándares internacionales del sector logístico, asegurando su pertinencia dentro de un marco conceptual y no empírico.

Análisis comparativo (caso MCT S.A.S. vs. Ferricar S.A.S.)

El análisis se fundamentó en la evaluación de cinco indicadores críticos (KPI) que operacionalizan la eficiencia logística. Los datos simulados permiten contrastar el impacto

directo de la variable independiente (digitalización) sobre el desempeño operativo. se propuso comparar cinco variables estratégicas de la gestión logística: el tiempo promedio de entrega, el porcentaje de errores en despachos, los costos operativos mensuales, el nivel de satisfacción del cliente y el tiempo de tramitación interno de los trabajos. La elección de estas variables se sustentó en ser muy adecuadas para la evaluación del desempeño logístico, así como para mostrarse expandidas por la transformación digital.

Tabla 3

Comparativa de indicadores de desempeño logístico

Indicador	MCT S.A.S.	Ferricar S.A.S.	Impacto porcentual
Tiempo promedio de entrega (h)	20	36	-44%
Porcentaje de errores en entregas	1.8 %	10.5 %	-82.8%
Costos operativos mensuales (USD)	75,000	93,000	-19.3%
Nivel de satisfacción del cliente	4.8 / 5	3.2 / 5	+50%
Tiempo de procesamiento interno (h)	3.5	7.8	-55.1%

Los resultados hacen evidente que MCT S.A.S., al implementar tecnologías como ERP, trazabilidad en tiempo real, automatismos de inventarios y plataformas CRM, es capaz de entregar los productos en menor tiempo, reducir drásticamente los errores logísticos y operar a bajo coste. Por otra parte, los clientes perciben mejor su propia experiencia y la satisfacción es muy elevada.

En contraposición, Ferricar S.A.S., que no ha asumido el proceso de digitalización, presenta ineficiencias, mayores tiempos, errores frecuentes y, en consecuencia, menor percepción de calidad por parte del cliente. La lectura de los gráficos nos ofrece la oportunidad de observar inequívocamente las ventajas logísticas que puede ofrecer la implementación de soluciones digitales este análisis comparando, efectivamente, la digitalización mejora el rendimiento, pero también las ventajas competitivas en un entorno de negocio cambiante.

Consideraciones éticas y limitaciones del estudio

Desde el punto de vista de la ética, la investigación no supuso recabar datos sensibles ni tampoco la interacción con personas, dado que el análisis se realizó sobre material que ya había sido generado para fines docentes para mostrar la importancia de la digitalización en la línea logística. Con ello, se respetaron las claves de la honestidad académica, tomando como principio la correcta identificación y citación de las fuentes y evitando un uso indebido de la propia información.

Las principales limitaciones del estudio son las siguientes:

- La simulación de los casos puede discutir el potencial de generalización de la investigación a un contexto de empresa real, ya que, aunque los casos fueron contruidos a partir de la rectitud, no son intercambiables con la experiencia del campo.

- La ausencia de contrastación empírica a través de encuestas, entrevistas o análisis de datos reales imposibilita la posibilidad de comprobar estadísticamente los efectos que se produjeron.
- El alcance escaso de los indicadores que se consideraron, dado que se limitaron a cinco variables estratégicas dejando de lado otros importantes como la sostenibilidad ambiental o el desarrollo cultural u organizacional o la formación del talento humano en las tecnologías digitales.

Más allá de estas limitaciones, el estudio cumple su objetivo académico: esbozar una clara, estructurada y fundamentada opinión del impacto que tiene la digitalización en la gestión logística. Se espera que ponentes puedan utilizar los resultados recogidos como base para posteriores investigaciones de mayor alcance empírico, así como para la implementación de estrategias digitales en empresas reales.

Desarrollo y análisis de resultados

Nivel de adopción tecnológica en logística empresarial

Los resultados obtenidos revelan que la superioridad operativa de MCT S.A.S. no es fortuita, sino producto de la eliminación de "cuellos de botella" mediante la visibilidad en tiempo real. Mientras que Ferricar S.A.S. opera bajo un modelo manual rígido que limita su capacidad de reacción, MCT S.A.S. utiliza Big Data para el análisis predictivo.

Desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial, esto confirma que la digitalización transforma la logística en una ventaja competitiva. Como sostienen Rojas García et al (2023), la capacidad de tomar decisiones basadas en datos permite a las organizaciones reducir la incertidumbre, lo cual se evidencia en la reducción del 55.1% en el tiempo de procesamiento interno de la empresa digitalizada.

Impacto de las tecnologías emergentes en el desempeño logístico

El impacto más disruptivo se observa en el Tiempo promedio de entrega, donde MCT S.A.S. logra una reducción del 44.4% respecto al modelo tradicional. Este fenómeno se explica técnicamente por la implementación de algoritmos de Inteligencia Artificial para la optimización de rutas y el uso de sensores IoT en la flota, permitiendo una trazabilidad total.

Este resultado coincide con el planteamiento de Guananga y Andrade (2024), quienes señalan que la conectividad digital reduce las interrupciones en la cadena de suministro. En contraste, los altos índices de error en Ferricar (10.5%) demuestran que la dependencia de procesos manuales incrementa la vulnerabilidad operativa, afectando directamente la satisfacción del cliente, la cual cae a un nivel de 3.2 frente al 4.8 de la empresa digital.

Barreras internas y externas en la transformación digital

A pesar de la eficiencia demostrada, el análisis identifica que la transición no es puramente tecnológica, sino cultural. El escenario de Ferricar S.A.S. simboliza la realidad de muchas pymes colombianas donde la resistencia al cambio y la baja capacitación del talento humano actúan como frenos.

Tal como lo advierten Rey Escobar y Valle Nieto (2024), el éxito de la transformación digital depende del liderazgo y la gestión del cambio. En el contexto nacional, estas barreras se ven agravadas por factores externos como la infraestructura tecnológica desigual en las regiones y los altos costos de implementación inicial, lo que explica por qué muchas organizaciones, aunque reconocen los beneficios de la Logística 4.0, permanecen ancladas en modelos tradicionales de baja eficiencia.

Propuestas estratégicas de transición digital sostenible

Figura 1

Estrategias de transición digital sostenible.



Estas propuestas, además de viabilizar la digitalización logística, permiten integrar la sostenibilidad como un componente esencial del proceso, generando cadenas de suministro más resilientes, competitivas y adaptadas a la realidad colombiana.

Conclusiones

La presente investigación permite concluir que la digitalización impacta de forma positiva significativa los modelos de gestión logística de las empresas colombianas. Este proceso transforma los sistemas tradicionalmente reactivos y manuales en ecosistemas proactivos y basados en datos, lo que se traduce en mejoras sustanciales en el desempeño operativo. Específicamente, la simulación comparativa evidenció una reducción del 44,4% en los tiempos de entrega y una disminución del 82,8% en el margen de error operativo, lo que generó un incremento aproximado del 50% en el nivel de satisfacción del cliente.

En relación con los objetivos específicos uno y dos, se determinó que herramientas como el Big Data, el Internet de las Cosas (IoT) y la Inteligencia Artificial actúan como catalizadores clave de la eficiencia logística. La integración de estas tecnologías posibilita una trazabilidad completa de la cadena de suministro, eliminando opacidades y permitiendo una gestión más ágil y precisa. En el contexto colombiano, la digitalización deja de ser una opción estratégica para convertirse en un requisito competitivo, especialmente para las Pymes que buscan reducir su rezago tecnológico frente a estándares internacionales.

Respecto al objetivo tres, el estudio identificó que las principales barreras para la adopción digital no son únicamente de carácter financiero, sino fundamentalmente cultural y organizacional. La persistencia de modelos jerárquicos tradicionales y la resistencia al cambio representan los mayores desafíos. Desde la perspectiva de la ingeniería industrial, estos hallazgos subrayan la necesidad de abordar la transformación digital como un proceso integral de gestión del cambio, en el que el desarrollo de competencias digitales del talento humano resulta tan relevante como la inversión en infraestructura tecnológica.

Esta investigación aporta al campo un modelo de simulación comparativo que funciona como herramienta de diagnóstico y apoyo a la toma de decisiones. Al demostrar que la digitalización puede reducir los costos operativos en un 19,3%, el estudio ofrece argumentos técnicos y económicos sólidos para gerentes logísticos y formuladores de política pública, orientados a promover la tecnificación del sector logístico en las Pymes industriales colombianas.

En síntesis, la logística 4.0 representa una de las mayores oportunidades para cerrar la brecha de productividad en Colombia. No obstante, su implementación exitosa requiere una hoja de ruta clara, una ejecución por fases y el establecimiento de alianzas estratégicas entre el sector privado, la academia y el Estado, con el fin de superar las deficiencias estructurales en infraestructura y formación técnica identificadas en el estudio.

Recomendaciones

Los resultados de la presente investigación permiten concluir que la digitalización constituye un factor estratégico determinante para mejorar la eficiencia operativa, la competitividad y la sostenibilidad de los modelos de gestión logística en las empresas colombianas. La simulación comparativa demostró que las organizaciones con mayor madurez digital logran reducciones significativas en tiempos de entrega, tasas de error y costos logísticos, lo que evidencia el potencial transformador de estas tecnologías. No obstante, su implementación efectiva enfrenta barreras estructurales relevantes, especialmente en las Pymes, tales como limitaciones financieras, resistencia organizacional al cambio, insuficiente desarrollo de competencias digitales y deficiencias en infraestructura tecnológica.

En respuesta a los objetivos planteados y con base en los hallazgos obtenidos, se formulan las siguientes recomendaciones. En primer lugar, las empresas deben implementar instrumentos de autoevaluación de madurez digital que les permitan diagnosticar su nivel actual de adopción tecnológica y diseñar un plan de transición realista y ajustado a sus capacidades organizacionales. En segundo lugar, se sugiere iniciar la transformación mediante proyectos piloto de bajo costo, como la implementación de sistemas de trazabilidad basados en IoT en procesos de transporte, con el fin de generar resultados tangibles que faciliten la adopción progresiva y escalable de tecnologías emergentes.

Adicionalmente, para superar las barreras identificadas, resulta fundamental diseñar e implementar programas de capacitación continua orientados al desarrollo de competencias digitales y a la gestión del cambio organizacional, con el propósito de reducir resistencias internas y fortalecer el capital humano. Asimismo, se recomienda la conformación de redes de colaboración entre Pymes, universidades y entidades públicas, que permitan compartir buenas

prácticas, acceder colectivamente a fuentes de financiación y potenciar procesos de innovación abierta en el sector logístico.

Finalmente, se sugiere que investigaciones futuras realicen estudios longitudinales en empresas colombianas que permitan medir los efectos reales de la digitalización sobre los indicadores logísticos a mediano y largo plazo. Este tipo de aproximaciones contribuirían a fortalecer la evidencia empírica disponible y a ofrecer herramientas más robustas para la toma de decisiones estratégicas en el contexto industrial nacional.

Bibliografía

Albarracín Vanoy, A. M. (2023). *Logística 4.0: Explorando las tendencias de la inteligencia artificial en la gestión eficiente de cadenas de suministro*. ResearchGate.

<https://www.researchgate.net/publication/377718116>

Alsolbi, I., Hosseinnia-Shavaki, F., Agarwal, R., Bharathy, G. K., Prakash, S., & Prasad, M.

(2023). Big data optimisation and management in supply chain management: A systematic literature review. *Artificial Intelligence Review*, 56, S253–S284.

https://www.researchgate.net/publication/371832852_Big_data_optimisation_and_management_in_supply_chain_management_a_systematic_literature_review

Arango Palacio, J. D. (2020). *Oportunidades para la transformación digital de la cadena de suministro del sector bananero basado en software con inteligencia artificial* [Tesis de grado, Politécnico Jaime Isaza Cadavid]. ResearchGate.

<https://www.researchgate.net/publication/352711842>

Asamblea Departamental de Cundinamarca. (2024, 30 de mayo). *Ordenanza No. 011 de 2024*.

Por la cual se adopta el Plan de Desarrollo Departamental de Cundinamarca para el periodo 2024-2027. Gobernación de Cundinamarca. <https://www.cundinamarca.gov.co/>

Baykasoglu, A., & Kaplanoğlu, V. (2022). Logistics service providers and Industry 4.0: A systematic literature review. *Semantic Scholar*.

<https://pdfs.semanticscholar.org/1b67/990e7791dea6022002119f0d25405587c50b.pdf>

- Biswas, S., & Sen, J. (2017). A proposed architecture for Big Data–driven supply chain analytics. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/1705.04958>
- Bravo-Bravo, M. (2025). *Aplicación de blockchain en la trazabilidad de la cadena de suministro: Revisión sistemática*. ResearchGate.
<https://www.researchgate.net/publication/393150688>
- Buitrago Mora, D. (2022). *Aplicaciones de inteligencia artificial en logística de distribución* [Trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio UMNG.
<https://repository.umng.edu.co/bitstreams/89eaf202-d195-4b5a-9e77-82d8bfda5e42/download>
- Cárdenes Doctor, J. (2022). *La aplicación del Big Data y la inteligencia artificial en el ámbito logístico* [Trabajo de Fin de Grado, Universidad Pontificia Comillas]. Repositorio Comillas. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/56434/TFG%20-%20Cardenes%20Doctor%2C%20Javier.pdf>
- Chan, H. K. (n.d.). *Supply chain management in the Big Data era*. EtherNet Digital Library.
<https://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/30356/1/137.%20Hing%20Kai%20Chan.pdf>
- Chan, H. K. (2021). *Big data analytics in supply chain management*. University of Birmingham Repository.
https://pureoai.bham.ac.uk/ws/portalfiles/portal/159103477/Big_data_analytics_in_SCM.pdf

Congreso de la República de Colombia. (1999, 18 de agosto). *Ley 527 de 1999. Por medio de la cual se define y reglamenta el acceso y uso de los mensajes de datos, del comercio electrónico y de las firmas digitales, y se establecen las entidades de certificación*. Diario Oficial No. 43.673.

http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0527_1999.html

Congreso de la República de Colombia. (2012, 17 de octubre). *Ley 1581 de 2012. Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales*. Diario Oficial No. 48.587. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1581_2012.html

Congreso de la República de Colombia. (2019, 25 de julio). *Ley 1978 de 2019. Por la cual se moderniza el sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC)*. Diario Oficial No. 51.025.

http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1978_2019.html

Congreso de la República de Colombia. (2020, 31 de diciembre). *Ley 2069 de 2020. Por medio de la cual se impulsa el emprendimiento en Colombia*. Diario Oficial No. 51.544.

http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_2069_2020.html

Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2019). *Documento CONPES 3975: Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial*. Departamento Nacional de Planeación.

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3975.pdf>

Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2020). *Documento CONPES 3982: Política Nacional de Logística*. Departamento Nacional de Planeación.

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3982.pdf>

de Oca, J. A. M. M. (2021). *Logística 5.0: Transporta tu logística al mundo digital*. LID Editorial.

Delgado Sánchez, K. R., & Jaramillo Aguilar, M. F. (2022). *Tecnología blockchain y sus aplicaciones potenciales en la gestión logística* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio UPS.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25940/1/UPS-GT004569.pdf>

Expert Group (GJETA). (2024). Impacts of Industry 4.0 on supply chain management of logistics. *Global Journal of Engineering and Technology Advances*.

<https://gjeta.com/sites/default/files/GJETA-2024-0159.pdf>

Fernández-Caramés, T. M., Blanco-Novoa, Ó., Froiz-Míguez, I., & Fraga-Lamas, P. (2024).

Towards an autonomous Industry 4.0 warehouse: A UAV and blockchain-based system for inventory and traceability applications in big data-driven supply chain management.

arXiv. <https://arxiv.org/abs/2402.00709>

Fernández Peyra, G. (2025). *Estudio para la optimización y digitalización de una empresa logística* [Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya].

<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/427317>

- Flores Porras, M. K., & Milla Montoya, M. J. (2022). *La digitalización y los procesos logísticos internacionales en las empresas navieras del Callao, 2022* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/1170418>
- Flórez-Oviedo, R. D., & López-Hincapié, L. A. (2023). *Transformación digital en la logística: Un análisis bibliográfico de la influencia de las tecnologías de la información en la industria 4.0*. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/377577581>
- García Abad, N. A., & Távara Adrianzén, M. F. (2021). *Estrategias de digitalización y la gestión logística de los despachos aduaneros a través del Puerto de Paita, 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/87643>
- González-Cancelas, N., Molina Serrano, B., & Soler-Flores, F. (2020). El impulso de la digitalización de los puertos del sistema portuario español mediante el análisis Business Observation Tool. *Ingeniería y Desarrollo*, 38(2), 338–357.
<https://doi.org/10.14482/inde.38.2.650>
- Guananga Reyna, D. A., & Andrade Zamora, F. D. (2024). *El impacto de la digitalización en la eficiencia de la gestión marítima y logística* [Tesis de licenciatura, Universidad del Pacífico]. Repositorio UP. <https://uprepositorio.upacifico.edu.ec/handle/123456789/950>
- Guevara Ladino, J. A. (2021). *Análisis de los retos de logística 4.0 en Colombia* [Trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio UMNG.

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstreams/b2e5b2ec-da99-4e4dad0fa0772fed49d7/download>

Herrera García, J. D. (2023). *Impacto de las nuevas tecnologías del sector logístico en el área del transporte terrestre* [Trabajo de grado, Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria]. <https://dspace.tdea.edu.co/server/api/core/bitstreams/500a57ab-dafb-49f5-9dd0-7e80d658200c/content>

Instituto Tecnológico Quito. (2023). *Logística 4.0: Innovación y eficiencia en la cadena de suministro* [Monografía técnica]. https://itq.edu.ec/wp-content/uploads/2023/10/2023-09-29_logistica_4.0_innovacion_y_eficiencia_en_la_cadena_de_suministro.pdf

KPMG International. (2017). *Supply chain big data series – Part 1: How big data is shaping the supply chains of tomorrow*. <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/au/pdf/2017/big-data-shaping-supply-chains-of-tomorrow.pdf>

Li, Q., & Liu, A. (2019). Big Data driven supply chain management. *Procedia CIRP*. https://www.researchgate.net/publication/333988028_Big_Data_Driven_Supply_Chain_Management

Logic Research Group. (2019). The concept of Logistics 4.0. *LOGIC Journal*. https://logic.sf.bg.ac.rs/wp-content/uploads/LOGIC_2019_ID_32.pdf

MDPI. (2022). Logistics: Impact of Industry 4.0. *Applied Sciences*, 12(9), Article 4209. <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/9/4209>

- Mera, K. A. S., Cabeza, B. M. Q., Klinger, A. H. Q., & Romero, V. J. S. (2023). La digitalización de la cadena de suministro: Un impulso innovador para la eficiencia logística en Ecuador. *Código Científico Revista de Investigación*, 4(2), 210-224.
<http://www.revistacodigocientifico.itslosandes.net/index.php/1/article/view/238>
- Merino, R., & Pérez, F. (2024). Impacto de la digitalización en el empleo y las cualificaciones: El caso de la logística. *Cuadernos de Relaciones Laborales*, 42(1), 161.
<https://revistas.ucm.es/index.php/CRLA/article/download/85413/4564456568947/4564456706115>
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2019, 2 de julio). *Decreto 1165 de 2019. Por el cual se dictan disposiciones relativas al Régimen de Aduanas*. Diario Oficial No. 51.002.
<https://www.dian.gov.co/>
- Mišić, V. V., & Perakis, G. (2019). Data analytics in operations management: A review. *arXiv*.
<https://arxiv.org/abs/1905.00556>
- Mora, L. A. (2024). *Industria y logística 4.0*. Ediciones de la U.
- Muñoz Castro, L. M., & Hernández Valencia, F. J. (2022). Transformación digital en las empresas: Una revisión conceptual. *Revista Venezolana de Gerencia*, 27(98), 298–318.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8808726.pdf>
- Observatorio de la Movilidad Metropolitana. (2023). *Distribución urbana de mercancías* [Monografía].

https://observatoriomovilidad.es/wpcontent/uploads/2024/03/Monografia_III_OMM_2023_Distribuci%C3%B3n_Urbana_de_Mercanc%C3%ADas.pdf

Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. (2023).

Informe sobre la digitalización de las pymes 2023.

https://www.ontsi.es/sites/ontsi/files/202408/informe_digitalizacion_pymes.pdf

Ortega, J. A. S., & Rodríguez, D. M. (2020). Logística, trabajo y almacenes: El lado oscuro de la digitalización. *Arxius de Ciències Socials*, (43).

<https://turia.uv.es/index.php/arxius/article/view/29095>

Ramírez, D. A. R. (2024). Transformación tecnológica en el modelo de gestión de inventarios en las Mipymes, revisión bibliográfica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 3551-3566. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/9701>

Ramírez Barragán, D. (2022). *Industria 4.0 y su aplicación en las operaciones logísticas* [Tesis de grado, Universidad Agustiniiana]. Repositorio UNIAGUSTINIANA.

<https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstreams/ab6de281-b01a-464b-b3a1-fe24dcfd5fe0/download>

Revista Industria y Logística 4.0. (2022). *IV Edición: Transformación digital en operaciones logísticas*. <https://es.scribd.com/document/587427225/IV-Edicion-Revista-Digital-Industria-y-Logistica-4-0-Ago-22>

Rey Escobar, I., & Valle Nieto, J. E. (2024). *Transformación digital en la logística internacional: Estrategias y desafíos de la inteligencia artificial para los inventarios y*

cadena de suministro en las empresas exportadoras colombianas [Trabajo de grado, Universidad Pontificia Bolivariana]. Repositorio Institucional UPB.

[https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/12163/Transformaci%
3n%20digital.pdf?sequence=1](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/12163/Transformaci%c3%b3n%20digital.pdf?sequence=1)

Rojas García, J. A., Ajuría Foronda, J. L., & Arambarri, J. (2023). Metodología de transformación digital para incrementar la competitividad de las pymes de logística ligera en el Perú. *Industrial Data*, 26(1), 63–76. <https://doi.org/10.15381/idata.v26i1.23745>

Roshid, M. M., Waaje, A., Meem, T. N., & Sarkar, A. (2024). Logistics 4.0: A comprehensive literature review of technological integration, challenges, and future prospects of implementation of Industry 4.0 technologies. *International Journal of Technology, Knowledge and Society*, 20(1), 65–85.

<https://www.researchgate.net/publication/380484636>

Salazar Angulo, R., & Laguna Lozano, L. A. (2021). *Diseño de un modelo de transformación digital de los procesos centrales que permita elevar la productividad de una empresa de logística ligera de Lima, Perú*. Repositorio Académico UPC.

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/656229>

Salomon Navarrete, M. A. (2024). *Plan de transformación digital para área logística en una empresa de gas*. Repositorio Universidad de Chile.

<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/205704>

- Saquicela, J. L. S. (2020). Transformación digital de la industria 4.0. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 5(8), 1344-1356.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7554338>
- Superintendencia de Industria y Comercio. (2001). *Circular Única: Título V sobre protección al consumidor en comercio electrónico*. <https://www.sic.gov.co/normatividad/circular-unica>
- Townsend Valencia, J., & Figueroa Filián, J. (2022). Los modelos de transformación digital en la gestión de las empresas comerciales. *Cooperativismo y Desarrollo*, 10(2), 407–423.
https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-340X2022000200407
- Vazquez, R. D. (2023). *De las tic y la digitalización a la industria 4.0 y la transformación digital*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/247843>
- Wang, J., Zhang, W., Shi, Y., Duan, S., & Liu, J. (2018). Industrial Big Data analytics: Challenges, methodologies, and applications. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/1807.01016>
- Zarate Contreras, M. O. (2024). *Impacto de la digitalización en la logística portuaria en Ecuador* [Doctoral dissertation]. <http://204.199.82.243:8080/handle/123456789/2673>
- Zuluaga Marín, S. A., & Rodríguez Barajas, Y. A. (2023). Tendencias de investigación del blockchain en la cadena de suministro: Revisión bibliométrica. *Universitas Empresarial*, 19(1), 123–145.
<https://revistas.uosario.edu.co/index.php/empresa/article/view/12451/11804>

Apéndices

Apéndice A

Análisis estadístico comparativo.

A través de este análisis se trata de imaginar lo que ha significado la digitalización de los procesos logísticos (incluyendo las cadenas de suministro) en dos empresas ficticias y de las que, de modo simulado, la comparación es la siguiente: la empresa digitalizada sería MCT S.A.S. y la empresa con procesos tradicionales sería Ferricar S.A.S. Los indicadores utilizados permiten mostrar la eficacia, el nivel de satisfacción del cliente y las incidencias cometidas antes y después de la digitalización.

Tabla 4

Análisis comparativo.

Indicador	MCT S.A.S.	Ferricar S.A.S.
Tiempo promedio de entrega (h)	20	36
Porcentaje de errores en entrega	1.8 %	10.5 %
Costos operativos mensuales (USD)	75,000	93,000
Satisfacción del cliente (1 a 5)	4.8	3.2
Tiempo de procesamiento interno	3.5 h	7.8 h

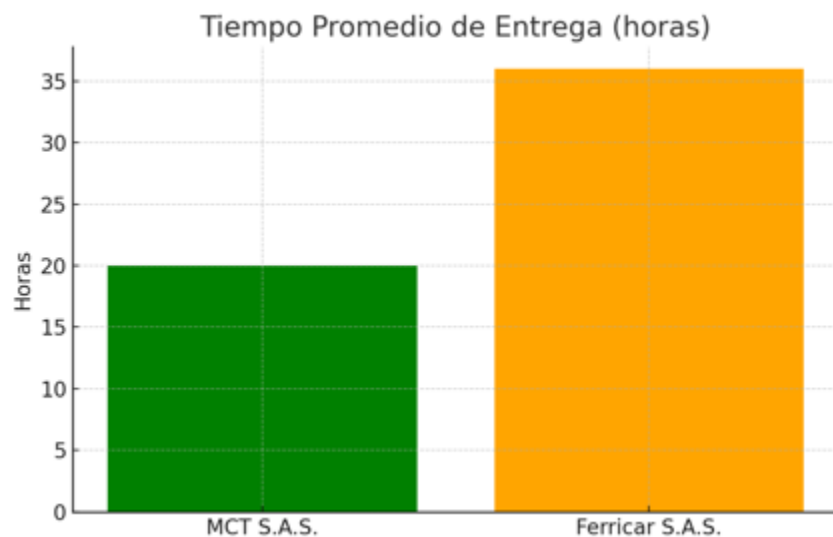
A partir de estos datos se elaboraron gráficos que permiten observar visualmente las diferencias entre ambas empresas.

Apéndice B

Las figuras derivadas del análisis anterior:

Figura 2

Tiempo promedio de entrega por empresa (en horas).



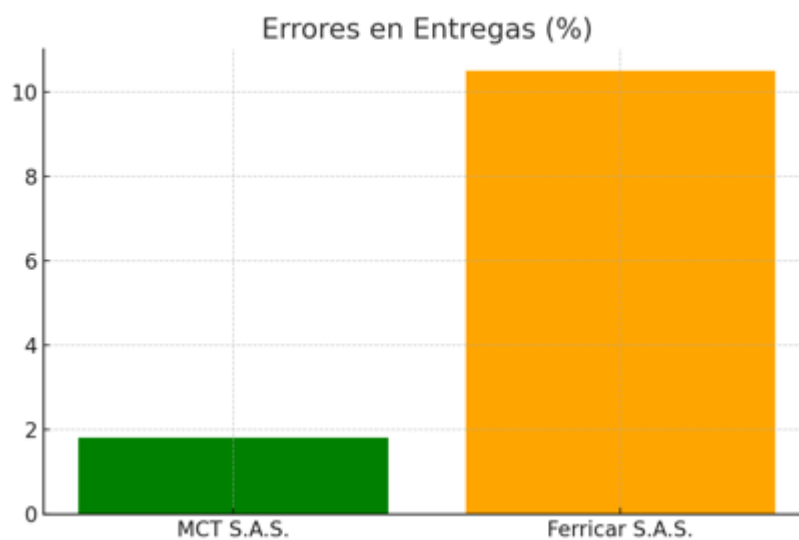
MCT S.A.S. presenta entregas significativamente más rápidas (20 horas) en comparación con Ferricar S.A.S. (36 horas), lo que podría atribuirse al uso de tecnologías como planificación digital de rutas y sistemas de gestión de flotas.

b. Porcentaje de Errores en Entregas

Con un índice de errores del 1.8 %, MCT evidencia mayor confiabilidad en sus entregas frente al 10.5 % de Ferricar. Esto puede indicar una mejor trazabilidad digital de pedidos en MCT.

Figura 3

Porcentaje de errores en entregas.

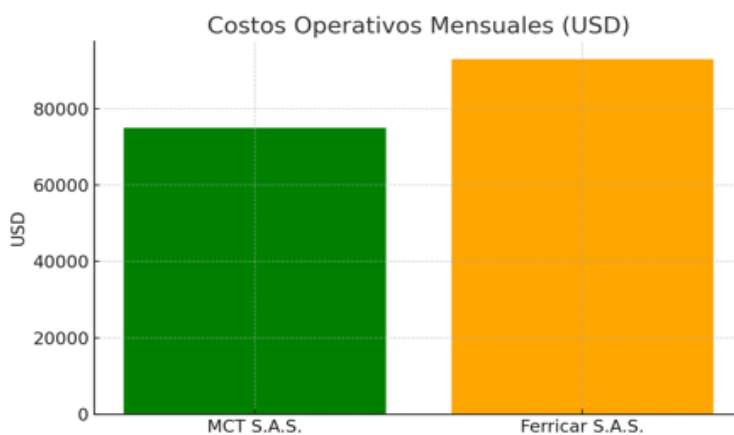


c. Costos Operativos Mensuales

Los costos de MCT son menores en USD 18,000 respecto a Ferricar, lo cual es coherente con operaciones más automatizadas y eficientes.

Figura 4

Costos operativos mensuales (USD).



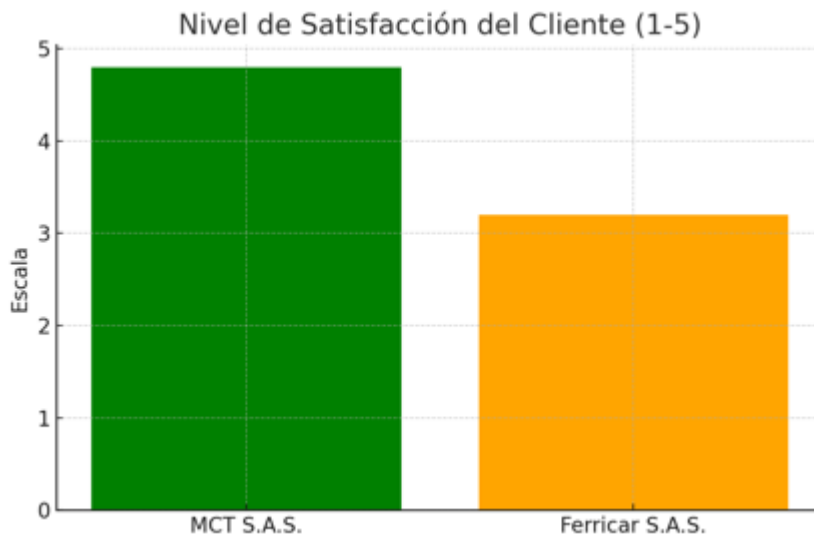
d. Nivel de Satisfacción del Cliente

MCT obtiene una calificación de satisfacción de 4.8/5, notablemente superior a Ferricar

con 3.2. Este indicador es reflejo de entregas más rápidas y confiables.

Figura 5

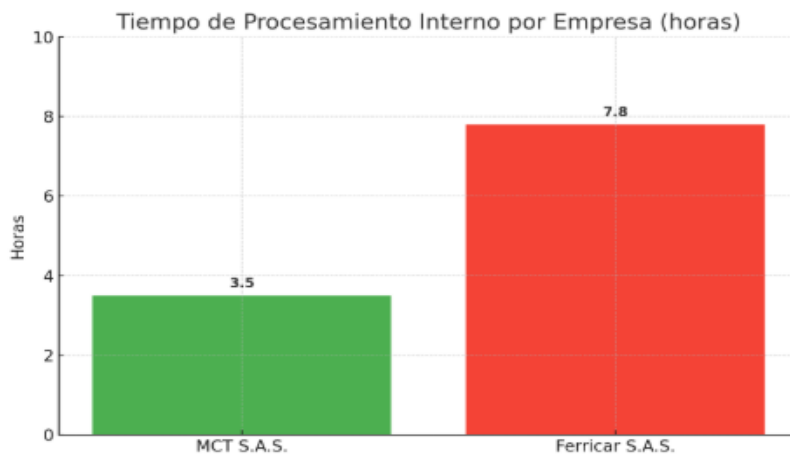
Nivel de satisfacción del cliente (escala 1-5).



e. Tiempo de Procesamiento Interno

Figura 6

Tiempo de procesamiento interno por empresa (en horas).



El tiempo interno requerido para gestionar pedidos es de 3.5 horas en MCT, frente a 7.8 en Ferricar, lo que sugiere una mayor digitalización de flujos operativos en MCT.

