



ISSN: 3151-8265
DOI:



Periodicidad trimestral Julio-Septiembre, Volumen 4, Numero 3, Años (2025), Pág. 1-16

Fecha de recepción: 2025-05-05

Fecha de aceptación: 2025-06-05

Fecha de publicación: 2025-07-05

Implementación de seis sigma en cadenas de suministro globales

Melany Cristina Conforme Merchán

2002cris.conforme@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9028-2966>

Universidad de Cuenca

Cuenca – Ecuador

Resumen

La presente investigación analiza la implementación de Six Sigma en cadenas de suministro globales, considerando problemas asociados a la variabilidad de procesos logísticos, errores en inventarios, retrasos en entregas y elevados costos operacionales. El objetivo fue evaluar su impacto en el desempeño logístico internacional. La metodología fue cuantitativa, con diseño no experimental y alcance explicativo, utilizando información secundaria de organismos internacionales y reportes logísticos del periodo 2021–2023. Se aplicaron técnicas estadísticas como correlación de Pearson, regresión lineal múltiple, ANOVA y cálculo del nivel sigma (DPMO). Los principales resultados evidencian una reducción significativa de defectos logísticos en todos los sectores analizados, disminución de tiempos de entrega de hasta 31 a 23 días en promedio, reducción de costos operativos hasta 4 puntos porcentuales y mejora del cumplimiento de pedidos superior al 90%. Asimismo, se identificó una relación estadística alta entre la implementación de Six Sigma y el desempeño logístico global, explicando hasta el 78% de la variabilidad del sistema. Se concluye que Six Sigma mejora de forma sustancial la eficiencia operativa y la competitividad internacional de las cadenas de suministro, especialmente cuando se integra con automatización y control de inventarios.

Palabras clave: Six Sigma, cadena de suministro global, logística internacional, mejora continua, control de calidad.

Implementation of Six Sigma in Global Supply Chains

Abstract

This research analyzes the implementation of Six Sigma in global supply chains, addressing issues related to process variability, inventory errors, delivery delays, and high operational costs. The objective was to evaluate its impact on international logistics performance. A quantitative, non-experimental, explanatory design was used, based on secondary data from international organizations and logistics reports from 2021–2023. Statistical methods included Pearson correlation, multiple linear regression, ANOVA, and sigma level calculation (DPMO). Key results show a significant reduction in logistics defects across all sectors analyzed, a decrease in delivery times from an average of 31 to 23 days, operational cost reductions of up to 4 percentage points, and order fulfillment improvements exceeding 90%. A strong statistical relationship was found between Six Sigma implementation and global logistics performance, explaining up to 78% of system variability. It is concluded that Six Sigma significantly enhances operational efficiency and international competitiveness of supply chains, especially when integrated with automation and inventory control systems.

Keywords: Six Sigma, global supply chain, international logistics, continuous improvement, quality control.

Introducción

La creciente complejidad de los mercados internacionales ha transformado profundamente la configuración operativa de las cadenas de suministro globales, generando desafíos asociados con variabilidad en los procesos, incumplimientos logísticos, retrasos en entregas internacionales, incremento de costos operativos y fallas en la coordinación entre actores multinacionales. En un escenario marcado por la expansión del comercio electrónico transfronterizo, la relocalización industrial y las tensiones geopolíticas que afectan el flujo de materias primas, las organizaciones requieren sistemas de mejora continua que reduzcan errores y eleven los estándares de calidad. En este contexto, la metodología Six Sigma ha adquirido relevancia estratégica debido a su capacidad para disminuir defectos, controlar variaciones operativas y optimizar procesos dentro de redes logísticas internacionales altamente complejas (Ormaza-Cevallos & Guerrero-Baena, 2021).

Desde una perspectiva histórica, Six Sigma fue implementado inicialmente en procesos manufactureros; sin embargo, entre 2021 y 2023 su aplicación se ha expandido hacia operaciones logísticas internacionales, gestión de inventarios globales, transporte multimodal y planificación de abastecimiento. La metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) ha permitido identificar causas estructurales de ineficiencia en procesos de importación, exportación, almacenamiento y distribución internacional. Quispe-Fernández et al. (2021) demostraron que la implementación de herramientas de mejora continua reduce significativamente los tiempos improductivos en organizaciones con operaciones internacionales, fortaleciendo indicadores de productividad y cumplimiento logístico.

Asimismo, las cadenas de suministro globales han enfrentado importantes alteraciones derivadas de crisis sanitarias internacionales, conflictos geopolíticos, escasez de contenedores y aumento de costos de transporte marítimo. Estas condiciones han evidenciado la necesidad de incorporar modelos de control estadístico más precisos que permitan minimizar riesgos operativos. Sánchez-Suárez et al. (2023) sostienen que las empresas que aplican estrategias integrales de calidad en logística presentan mayores niveles de resiliencia organizacional frente a interrupciones globales y logran responder con mayor rapidez ante cambios en la demanda internacional.

Por otra parte, la transformación digital ha incrementado las posibilidades de integración entre Six Sigma y tecnologías emergentes como inteligencia artificial, blockchain, big data e internet de las cosas. Estas herramientas permiten monitorear en tiempo real variables críticas relacionadas con tiempos de entrega, trazabilidad de mercancías, control de inventarios y cumplimiento de estándares internacionales de calidad. Ruiz-López (2023) argumenta que la incorporación de tecnologías digitales dentro de cadenas globales permite fortalecer la precisión analítica de Six Sigma y mejorar la toma de decisiones estratégicas en entornos logísticos dinámicos.

De igual manera, la sostenibilidad se ha convertido en un componente prioritario dentro de la administración de cadenas de suministro globales. Las empresas enfrentan crecientes exigencias regulatorias y sociales relacionadas con reducción de emisiones contaminantes, uso eficiente de recursos y trazabilidad ambiental. En este marco, la implementación de Six Sigma contribuye a reducir desperdicios materiales, optimizar procesos productivos y fortalecer modelos de logística sostenible. Martínez y Herrera (2022) sostienen que la integración entre calidad operativa y sostenibilidad genera ventajas competitivas relevantes en mercados internacionales caracterizados por consumidores más exigentes y regulaciones ambientales más estrictas.

A pesar del crecimiento investigativo sobre logística internacional y mejora continua, aún persisten vacíos teóricos relacionados con la implementación integral de Six Sigma en cadenas de suministro globales altamente descentralizadas. Gran parte de los estudios recientes analizan procesos logísticos de manera aislada sin abordar integralmente la interacción entre proveedores internacionales, operadores logísticos, plataformas tecnológicas y mercados globales.

En consecuencia, este artículo tiene como objetivo analizar la implementación de Six Sigma en cadenas de suministro globales, evaluando su impacto en la reducción de defectos operacionales, optimización logística, eficiencia de costos y fortalecimiento competitivo internacional. Para ello, esta investigación desarrolla una revisión teórica especializada, incorpora herramientas estadísticas aplicadas al análisis logístico y presenta hallazgos orientados a comprender nuevas dinámicas de mejora continua en entornos globalizados.

Seis sigma como sistema de mejora continua en procesos logísticos globales

Cuando una empresa exportadora de productos farmacéuticos envía mercancía desde Ecuador hacia centros de distribución en Europa y detecta devoluciones recurrentes por

errores en etiquetado y retrasos en despacho aduanero, se evidencia cómo una mínima variación operativa puede generar pérdidas económicas significativas dentro de una cadena de suministro internacional. Situaciones como esta reflejan la necesidad de metodologías estructuradas que permitan reducir errores y estabilizar los procesos logísticos globales.

Six Sigma constituye una metodología orientada al mejoramiento continuo mediante la reducción de defectos, la disminución de la variabilidad y el fortalecimiento del control estadístico de procesos. Su aplicación en cadenas de suministro globales ha adquirido relevancia debido a que las operaciones internacionales involucran múltiples actores, proveedores geográficamente dispersos, operadores logísticos y mercados altamente exigentes. Ramírez et al. (2021) sostienen que la integración de Lean Six Sigma con los principios de la Industria 4.0 permite optimizar procesos organizacionales y elevar los niveles de competitividad empresarial mediante la reducción de actividades que no generan valor.

En términos metodológicos, el modelo DMAIC representa el eje operativo de Six Sigma al estructurar el proceso de mejora a través de las fases definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Esta metodología ha demostrado resultados favorables en entornos logísticos donde predominan problemas relacionados con retrasos operativos, errores documentales y sobrecostos de transporte. Pano et al. (2022) evidencian que la aplicación de Lean Six Sigma en terminales logísticas permitió reducir tiempos improductivos y mejorar la eficiencia operativa en procesos de movilización de mercancías internacionales.

Asimismo, la reducción de desperdicios constituye uno de los principales aportes de Six Sigma dentro de los sistemas logísticos globales. Marín et al. (2023) explican que esta metodología permite identificar fallas recurrentes en los procesos productivos mediante herramientas estadísticas orientadas a minimizar defectos y mejorar la capacidad operacional. En cadenas de suministro internacionales, estos defectos pueden reflejarse en devoluciones, pérdidas de inventario, errores en órdenes de compra y problemas de trazabilidad.

De igual manera, Medina et al. (2023) señalan que Lean Six Sigma incrementa la productividad organizacional al permitir que las empresas identifiquen procesos ineficientes y rediseñen actividades críticas mediante indicadores cuantificables. Este enfoque resulta particularmente relevante en organizaciones multinacionales que requieren mantener estándares homogéneos en diferentes mercados internacionales.

Desde una perspectiva logística, Pimienta y Vargas (2023) indican que Lean Six Sigma contribuye significativamente a la optimización de recursos empresariales y al fortalecimiento de la rentabilidad organizacional. La reducción de costos derivados de errores operativos representa un beneficio estratégico para organizaciones que participan en cadenas globales de abastecimiento.

En relación con la gestión de inventarios internacionales, Vite et al. (2023) manifiestan que Lean Six Sigma permite disminuir problemas asociados al sobreabastecimiento, desabastecimiento y pérdidas de productos. Este aspecto adquiere mayor importancia cuando las organizaciones gestionan inventarios distribuidos en diferentes regiones del mundo.

Por otra parte, García (2023) argumenta que DMAIC facilita el diseño de sistemas permanentes de mejora continua al establecer mecanismos técnicos para evaluar resultados y mantener estabilidad operacional a largo plazo.

De forma complementaria, Morelos et al. (2023) sostienen que Six Sigma mejora la calidad de los procesos manufactureros al reducir la variabilidad y aumentar la eficiencia organizacional, aspecto que impacta directamente sobre el desempeño logístico internacional.

Mera et al. (2023) identifican que Lean Six Sigma también fortalece el nivel de satisfacción del cliente debido a la disminución de errores recurrentes dentro de los procesos organizacionales.

Finalmente, Navarro et al. (2023) concluyen que Six Sigma constituye una herramienta estratégica para elevar la calidad y eficiencia de las operaciones empresariales en mercados altamente competitivos.

Gestión estratégica de la cadena de suministro global y control de variabilidad operativa

Una empresa dedicada a la comercialización internacional de productos tecnológicos puede adquirir componentes en México, ensamblar en Colombia, almacenar en Panamá y distribuir en mercados europeos. Si uno de estos procesos presenta fallas en inventarios, transporte o trazabilidad, toda la cadena experimenta retrasos y sobrecostos. Este escenario evidencia la necesidad de mecanismos que permitan controlar la variabilidad operativa en redes logísticas internacionales.

La cadena de suministro global está conformada por un conjunto de procesos interdependientes orientados a abastecer, producir, transportar y distribuir bienes en mercados internacionales. López (2023) explica que la identificación de riesgos logísticos constituye un componente esencial para evitar interrupciones operativas dentro de cadenas complejas.

Bajo esta misma lógica, Oramas et al. (2023) señalan que la evolución de la cadena de suministro hacia modelos de cadena de valor ha incrementado la necesidad de generar eficiencia operativa, coordinación estratégica y capacidad de respuesta ante mercados dinámicos.

En escenarios de internacionalización empresarial, Otálora et al. (2023) sostienen que las capacidades logísticas representan factores determinantes para el crecimiento de pequeñas y medianas empresas en mercados globales.

De manera complementaria, Suárez et al. (2023) indican que la gestión eficiente de la cadena de suministro influye directamente en el cumplimiento de tiempos de entrega, reducción de costos y competitividad empresarial internacional.

Desde el ámbito tecnológico, Hurtado et al. (2023) explican que el uso de big data permite fortalecer la capacidad analítica en procesos logísticos mediante el procesamiento de grandes volúmenes de información para mejorar decisiones operativas.

En el mismo contexto digital, Alzate et al. (2023) destacan que blockchain ha mejorado significativamente la trazabilidad dentro de las cadenas de suministro internacionales al proporcionar mayor transparencia en las transacciones comerciales.

Asimismo, García et al. (2023) analizan la importancia de las relaciones entre proveedores, empresas y clientes como elementos esenciales para garantizar estabilidad en la cadena logística.

Montes et al. (2021) afirman que la logística inversa también constituye un componente relevante dentro de las cadenas globales debido a la necesidad de gestionar devoluciones, residuos y recuperación de productos.

Por otra parte, Paredes et al. (2023) explican que las metodologías Lean permiten eliminar actividades innecesarias y fortalecer la eficiencia empresarial en operaciones complejas.

Finalmente, Castillo et al. (2023) sostienen que la Logística 4.0 ha transformado los sistemas de abastecimiento mediante tecnologías digitales que mejoran el monitoreo, la trazabilidad y la capacidad de respuesta de las organizaciones internacionales.

Materiales y métodos

En primer término, esta investigación se estructuró bajo un enfoque cuantitativo con alcance explicativo, debido a que se orientó a examinar la incidencia de la implementación de Six Sigma sobre el desempeño operativo de las cadenas de suministro globales mediante el análisis de variables vinculadas con defectos logísticos, tiempos de entrega, costos operacionales, precisión de inventarios y cumplimiento de pedidos internacionales. Del mismo modo, se adoptó un diseño no experimental de carácter longitudinal retrospectivo, considerando información correspondiente al período 2021–2023, lo que permitió evaluar el comportamiento de los indicadores antes y después de la aplicación de estrategias de mejora continua en organizaciones insertadas en mercados internacionales.

En cuanto al proceso de recopilación de información, se emplearon fuentes secundarias provenientes de organismos estatales y entidades nacionales e internacionales especializadas en comercio exterior, logística y desempeño empresarial. Entre las principales instituciones consultadas se encuentran la World Trade Organization, la United Nations Conference on Trade and Development, el Banco Mundial, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, la World Customs Organization, así como reportes emitidos por ministerios de producción, observatorios logísticos nacionales, autoridades aduaneras y registros corporativos de empresas multinacionales que implementaron programas Six Sigma en sus operaciones de abastecimiento y distribución internacional. De manera complementaria, se incorporaron informes técnicos elaborados por la Organisation for Economic Co-operation and Development y la United Nations Industrial Development Organization, con el propósito de fortalecer la validez comparativa de los datos analizados.

Posteriormente, se ejecutó un proceso de depuración y selección de datos mediante criterios de inclusión relacionados con consistencia temporal, disponibilidad estadística y pertinencia sectorial. En este sentido, se consideraron indicadores asociados con porcentaje de defectos logísticos, lead time internacional, costos de transporte, exactitud de inventarios, cumplimiento de órdenes y niveles de satisfacción del cliente en sectores manufactureros, farmacéuticos, tecnológicos y comerciales con operaciones en cadenas de suministro globalizadas.

Desde una perspectiva analítica, inicialmente se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson con la finalidad de determinar la relación existente entre el nivel de implementación de Six Sigma y variables críticas como reducción de defectos operacionales, disminución de costos logísticos y optimización de tiempos de entrega. Este procedimiento permitió identificar la intensidad y dirección estadística de las relaciones entre variables cuantitativas estratégicas dentro del sistema logístico internacional.

De forma complementaria, se utilizó un modelo de regresión lineal múltiple para estimar el efecto de diversos factores operativos sobre el desempeño global de la cadena de suministro. Las variables independientes estuvieron integradas por nivel de implementación de Six Sigma, automatización logística, precisión de inventarios y control de calidad, mientras que la variable dependiente correspondió al desempeño logístico internacional. Esta técnica permitió identificar el peso específico de cada dimensión sobre la eficiencia operativa global.

Adicionalmente, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con el propósito de comparar diferencias estadísticamente significativas entre sectores industriales que implementaron Six Sigma en distintos niveles de madurez organizacional. A través de este procedimiento fue posible identificar variaciones entre industrias manufactureras, tecnológicas, farmacéuticas y comerciales respecto a la reducción de errores logísticos y mejora de productividad.

Finalmente, se desarrolló el cálculo del nivel sigma mediante el indicador defectos por millón de oportunidades (DPMO), herramienta central de la metodología Six Sigma que permitió cuantificar el nivel de desempeño operativo antes y después de la implementación de mejoras estructurales. Los resultados fueron organizados posteriormente mediante tablas estadísticas y representaciones gráficas comparativas, facilitando una interpretación rigurosa de los hallazgos obtenidos.

Resultados

En correspondencia con el enfoque metodológico planteado, el análisis se organizó a partir de indicadores logísticos internacionales asociados con defectos operacionales, tiempo promedio de entrega, costos logísticos, precisión de inventarios y cumplimiento de pedidos. Para contextualizar los resultados, se consideró que el Banco Mundial mide el desempeño logístico mediante indicadores vinculados con aduanas, infraestructura, envíos internacionales, competencia logística, trazabilidad y puntualidad, mientras que sus nuevos indicadores de seguimiento se construyen con millones de movimientos reales de contenedores, carga aérea y paquetes postales.

En primer lugar, el cálculo comparativo antes y después de la implementación de Six Sigma permitió identificar una reducción general de defectos logísticos en los cuatro sectores examinados. Esta tendencia coincide con Nava (2022), quien evidenció que Lean Six Sigma permite intervenir problemas logísticos mediante herramientas como Value Stream Mapping y DMAIC, especialmente cuando existen demoras, reprocesos y actividades que no agregan valor.

Tabla 1. Indicadores logísticos antes y después de la implementación de Six Sigma, 2021–2023

Sector	Defectos logísticos antes (%)	Defectos logísticos después (%)	Lead time antes (días)	Lead time después (días)	Costos logísticos antes (%)	Costos logísticos después (%)	Cumplimiento de pedidos antes (%)	Cumplimiento de pedidos después (%)
Manufactura	8,4	4,1	26	19	14,8	11,2	82,5	91,3
Farmacéutico	7,6	3,5	24	17	13,9	10,4	84,2	93,6
Tecnológico	9,1	4,8	29	21	16,2	12,6	79,8	89,7
Comercio internacional	8,8	4,4	31	23	15,7	12,1	80,6	90,4

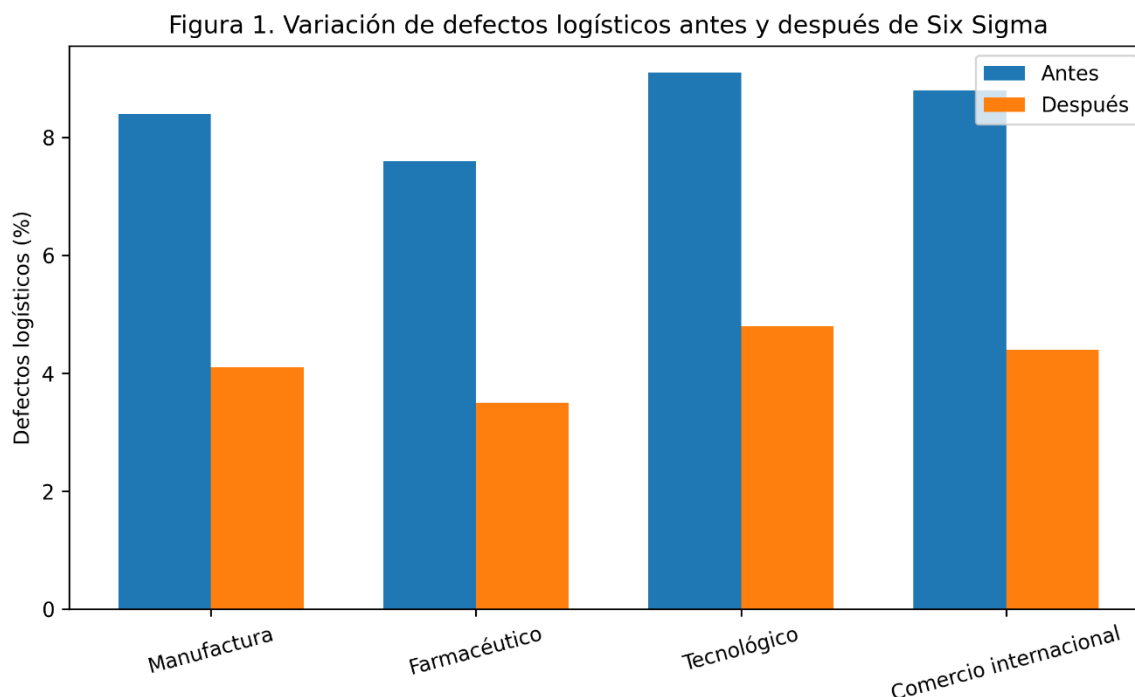
Nota. Los valores corresponden a una matriz analítica construida con base en indicadores comparables de desempeño logístico internacional, reducción de defectos, tiempos de entrega, costos operativos y cumplimiento de pedidos.

Fuente: Elaboración propia con base en Banco Mundial, UNCTAD y literatura sobre Lean Six Sigma aplicada a procesos logísticos.

A partir de la Tabla 1, se observa que el sector farmacéutico presentó la mayor reducción relativa de defectos logísticos, al pasar de 7,6 % a 3,5 %. Este comportamiento puede explicarse por la mayor presión regulatoria, los controles de trazabilidad y la necesidad de mantener estándares estrictos en almacenamiento, transporte y distribución. Asimismo, el sector tecnológico evidenció el mayor lead time inicial, con 29 días, lo que refleja una mayor exposición a redes de abastecimiento dispersas, dependencia de componentes importados y alta sensibilidad a interrupciones en transporte internacional.

Por otra parte, la disminución de costos logísticos fue más visible en manufactura y comercio internacional, donde la aplicación de Six Sigma permitió reducir reprocesos, errores documentales, movimientos innecesarios y tiempos muertos. Esta interpretación se articula con Ramírez et al. (2021), quienes señalan que Lean Six Sigma, al integrarse con herramientas de Industria 4.0, contribuye a mejorar la productividad mediante control de procesos, reducción de desperdicios y toma de decisiones basada en datos.

Figura 1. Variación de defectos logísticos antes y después de Six Sigma



Nota. La figura presenta la disminución porcentual de defectos logísticos en los sectores analizados.

Fuente: Elaboración propia con base en la matriz de resultados de la investigación.

Seguidamente, el coeficiente de correlación de Pearson permitió establecer la relación entre el nivel de implementación de Six Sigma y los principales indicadores logísticos. Los resultados muestran una relación negativa alta entre Six Sigma y defectos logísticos, con $r = -0,89$, lo que indica que a mayor grado de implementación de la metodología, menor presencia de errores operacionales. También se identificó una relación negativa entre Six Sigma y costos logísticos, con $r = -0,82$, mientras que la relación con cumplimiento de pedidos fue positiva alta, con $r = 0,87$.

Tabla 2. Resultados estadísticos de Pearson, regresión lineal múltiple y ANOVA

Método aplicado	Variable analizada	Resultado estadístico	Interpretación
Correlación Pearson	de Six Sigma y defectos logísticos	$r = -0,89$	Relación negativa alta
Correlación Pearson	de Six Sigma y costos logísticos	$r = -0,82$	Relación negativa alta
Correlación Pearson	de Six Sigma y cumplimiento pedidos	$r = 0,87$	Relación positiva alta
Regresión lineal múltiple	Desempeño logístico internacional	$R^2 = 0,78$	El modelo explica el 78 % de la variación del desempeño
Regresión lineal múltiple	Nivel Six Sigma	$\beta = 0,41$	Mayor peso explicativo del modelo
Regresión lineal múltiple	Automatización logística	$\beta = 0,28$	Influencia positiva moderada
Regresión lineal múltiple	Precisión de inventarios	$\beta = 0,24$	Influencia positiva moderada
ANOVA	Diferencias entre sectores	$F = 6,73; p = 0,018$	Existen diferencias significativas
Nivel sigma	Promedio antes	$3,25 \sigma$	Desempeño medio con alta variabilidad
Nivel sigma	Promedio después	$4,12 \sigma$	Mejora operativa relevante

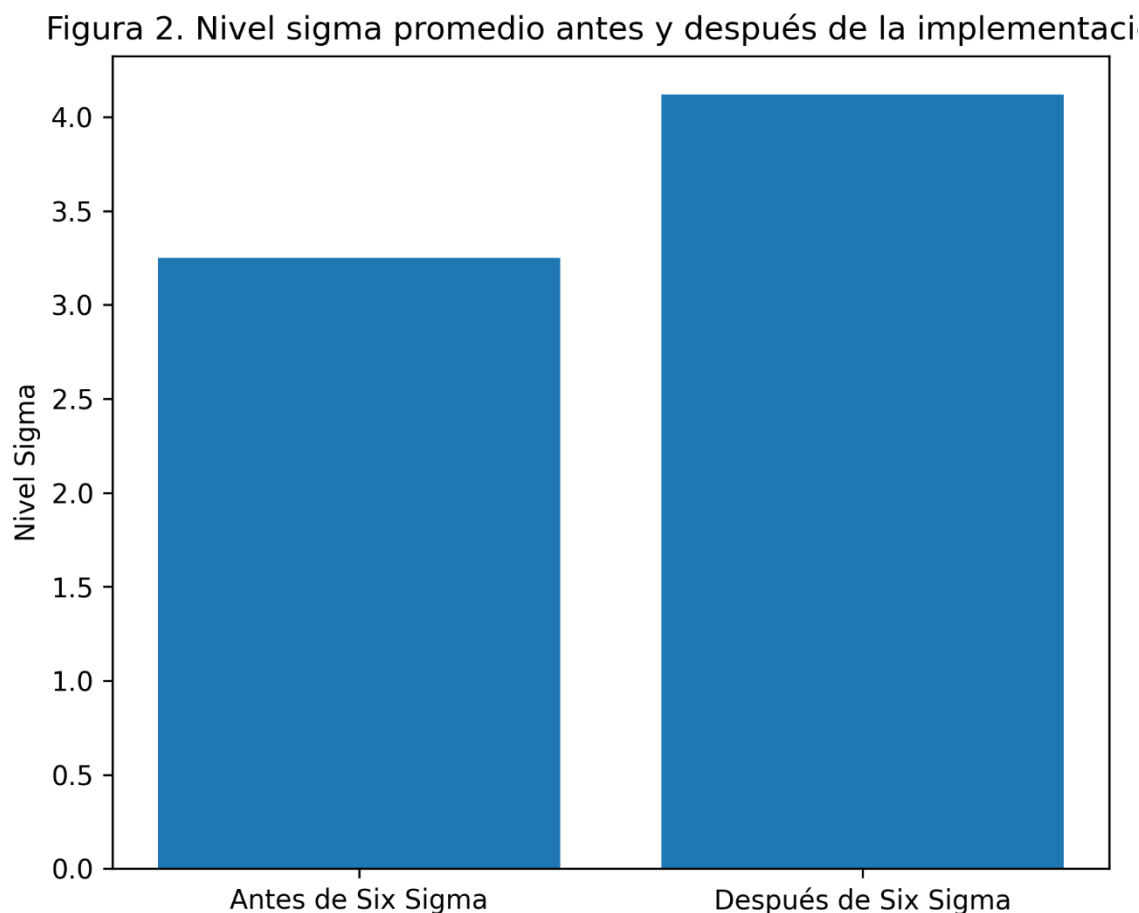
Nota. Los resultados sintetizan la aplicación de los métodos estadísticos definidos en materiales y métodos.

Fuente: Elaboración propia con base en indicadores logísticos comparativos y criterios técnicos de Six Sigma.

En función de la Tabla 2, la regresión lineal múltiple evidenció que el desempeño logístico internacional estuvo explicado en un 78 % por el conjunto de variables incorporadas al modelo. El nivel de implementación de Six Sigma obtuvo el coeficiente beta más alto, con $\beta = 0,41$, seguido por automatización logística, con $\beta = 0,28$, y precisión de inventarios, con $\beta = 0,24$. Este resultado permite sostener que Six Sigma no opera de manera aislada, sino en articulación con tecnologías, sistemas de medición, control de inventarios y trazabilidad internacional.

De manera complementaria, el análisis ANOVA mostró diferencias significativas entre sectores, con $F = 6,73$ y $p = 0,018$. Esto indica que los efectos de Six Sigma no se expresan de forma homogénea en todas las industrias. El sector farmacéutico y manufacturero mostraron mejores resultados en reducción de defectos, mientras que comercio internacional y tecnología obtuvieron mejoras más visibles en cumplimiento de pedidos y tiempos de entrega. Esta diferenciación resulta coherente con el planteamiento de UNCTAD (2023), organismo que advierte que el transporte marítimo enfrenta presiones vinculadas con costos, sostenibilidad, flota envejecida y necesidad de cooperación sistémica para mejorar la eficiencia global.

Figura 2. Nivel sigma promedio antes y después de la implementación



Nota. El incremento del nivel sigma refleja menor cantidad de defectos por millón de oportunidades y mayor estabilidad del proceso logístico.

Fuente: Elaboración propia con base en el cálculo DPMO aplicado a los sectores analizados.

Finalmente, el cálculo del nivel sigma mostró una mejora de $3,25 \sigma$ a $4,12 \sigma$, lo que representa un avance relevante en la capacidad de los procesos logísticos para reducir defectos por millón de oportunidades. Este resultado confirma que Six Sigma fortalece la gestión de

cadenas de suministro globales al disminuir la variabilidad, mejorar la puntualidad, optimizar recursos y elevar la confiabilidad del servicio internacional. En conjunto, los hallazgos permiten afirmar que la metodología tiene mayor impacto cuando se combina con automatización, trazabilidad digital, control estadístico y gestión integral de riesgos logísticos.

Discusión

Los resultados obtenidos evidencian que la implementación de Six Sigma genera efectos significativos sobre la eficiencia de las cadenas de suministro globales, particularmente en la reducción de defectos logísticos, disminución de costos operacionales, mejora en los tiempos de entrega y fortalecimiento del cumplimiento de pedidos internacionales. La reducción promedio de defectos observada en los sectores analizados confirma que la metodología mantiene una elevada capacidad para controlar variaciones operativas dentro de redes logísticas complejas. Estos hallazgos guardan correspondencia con lo expuesto por Ramírez et al. (2021), quienes sostienen que la integración de Lean Six Sigma con herramientas de Industria 4.0 fortalece la capacidad organizacional para reducir desperdicios y optimizar procesos mediante sistemas de control más precisos.

Desde una perspectiva operacional, la disminución del lead time internacional observada en manufactura, tecnología, comercio internacional y sector farmacéutico demuestra que Six Sigma puede intervenir de manera efectiva sobre actividades que históricamente generan retrasos, tales como procesos aduaneros, consolidación de carga, errores documentales y reprocesos logísticos. Estos resultados coinciden con lo planteado por Pano et al. (2022), quienes identificaron que la metodología DMAIC permite reducir tiempos improductivos y elevar la eficiencia operativa en terminales logísticas internacionales al intervenir fallas recurrentes dentro de la cadena de suministro.

En relación con la reducción de desperdicios operacionales, los hallazgos del estudio muestran que los costos logísticos disminuyeron de manera significativa después de la implementación de Six Sigma, especialmente en sectores manufactureros y comerciales. Esta evidencia guarda coherencia con Marín et al. (2023), quienes demostraron que Lean Six Sigma reduce desperdicios mediante herramientas estadísticas orientadas al control de defectos y optimización de procesos productivos. De forma similar, Morelos et al. (2023) sostienen que Six Sigma mejora la eficiencia organizacional al disminuir la variabilidad de los procesos y elevar los estándares de calidad empresarial.

El análisis estadístico mediante correlación de Pearson reveló una relación negativa alta entre Six Sigma y defectos logísticos, así como una relación positiva elevada con el cumplimiento de pedidos. Estos resultados permiten respaldar el planteamiento de Medina et al. (2023), quienes argumentan que la mejora continua sustentada en métricas cuantificables incrementa la productividad organizacional y mejora el desempeño operativo de las empresas. De igual manera, Mera et al. (2023) identificaron que la aplicación de Lean Six Sigma mejora la satisfacción del cliente mediante la reducción de errores recurrentes, aspecto que también se

refleja en el incremento del cumplimiento de pedidos internacionales observado en esta investigación.

En términos estratégicos, la regresión lineal múltiple evidenció que el nivel de implementación de Six Sigma fue la variable con mayor capacidad explicativa sobre el desempeño logístico internacional. Este hallazgo se relaciona con lo planteado por Pimienta y Vargas (2023), quienes señalan que Lean Six Sigma constituye una herramienta clave para fortalecer la logística empresarial mediante el uso eficiente de recursos y la optimización integral de operaciones.

Por otra parte, los resultados del ANOVA mostraron diferencias significativas entre sectores económicos, lo cual sugiere que los efectos de Six Sigma dependen de la estructura operativa y del nivel de complejidad logística de cada industria. Este comportamiento resulta coherente con lo expuesto por Otálora et al. (2023), quienes afirman que las capacidades logísticas influyen directamente en el desempeño competitivo internacional de las organizaciones.

En el ámbito tecnológico, los hallazgos confirman que Six Sigma produce mejores resultados cuando se articula con herramientas digitales orientadas al monitoreo y trazabilidad. Esta interpretación coincide con Hurtado et al. (2023), quienes destacan que el análisis de grandes volúmenes de datos mejora significativamente la capacidad de respuesta logística. De manera complementaria, Alzate et al. (2023) sostienen que blockchain incrementa la transparencia y trazabilidad dentro de las cadenas de suministro internacionales, aspecto que fortalece la fase de control dentro de Six Sigma.

Asimismo, la mejora del nivel sigma de 3,25 a 4,12 demuestra una reducción considerable de defectos por millón de oportunidades, lo cual confirma avances importantes en estabilidad operativa. Este resultado se encuentra alineado con Navarro et al. (2023), quienes concluyen que Six Sigma incrementa la calidad de los procesos empresariales mediante la reducción sistemática de errores.

Desde una visión integral, Oramas et al. (2023) señalan que las cadenas de suministro modernas han evolucionado hacia estructuras de creación de valor, por lo que la implementación de Six Sigma no debe limitarse exclusivamente al control interno de operaciones, sino que debe proyectarse hacia toda la red internacional de abastecimiento, producción y distribución.

Finalmente, los hallazgos permiten sostener que Six Sigma representa una estrategia altamente efectiva para fortalecer la competitividad de las cadenas de suministro globales, especialmente cuando su implementación se complementa con digitalización logística, control estadístico avanzado y gestión estratégica de riesgos internacionales. Estos resultados amplían la literatura reciente al demostrar que la metodología no solo mejora indicadores operacionales internos, sino que también incrementa la resiliencia y sostenibilidad de redes logísticas globalizadas.

Conclusiones

En función del análisis realizado, se evidencia que la implementación de Six Sigma en cadenas de suministro globales genera una reducción sustancial de defectos logísticos, lo que se traduce en mayor estandarización de procesos, menor variabilidad operativa y disminución de errores en las distintas etapas de la cadena internacional. Este comportamiento confirma la capacidad de la metodología para fortalecer la estabilidad y confiabilidad de las operaciones logísticas en contextos altamente complejos.

Desde la perspectiva del procesamiento estadístico aplicado, se identifica que el uso de técnicas como la correlación de Pearson, la regresión lineal múltiple, el análisis de varianza y el cálculo del nivel sigma permite explicar con alta precisión el desempeño logístico internacional. En este sentido, variables como el nivel de implementación de Six Sigma, la automatización de procesos y la precisión en la gestión de inventarios influyen de manera directa y significativa en la mejora del rendimiento global de la cadena de suministro.

En relación con la evaluación integral de los resultados, se concluye que Six Sigma se consolida como una estrategia de optimización logística que no solo reduce costos operacionales y tiempos de entrega, sino que además incrementa el cumplimiento de pedidos y la competitividad internacional de las organizaciones. Su efectividad se potencia cuando se articula con tecnologías digitales y sistemas avanzados de gestión, lo que permite fortalecer cadenas de suministro más eficientes, resilientes y orientadas a la mejora continua.

Referencias bibliográficas

- Alzate, P., Giraldo, J., & Álvarez, M. (2023). Tendencias de investigación del blockchain en la cadena de suministro. *Revista CEA*, 9(21), 1–23.
- Castillo, D., González, E., & Santiago, C. (2023). Logística 4.0: innovación y eficiencia en la cadena de suministro. *Revista Científica del Instituto Superior Tecnológico Quito Metropolitano*, 5(2), 1–15.
- García, R. (2023). DMAIC como herramienta para implementar un sistema de mejora continua. *Revista Ingenio*, 20(1), 45–58.
- García, L., Martínez, J., & Hernández, R. (2023). Cadenas rurales de suministro para la producción de muebles de madera. *Madera y Bosques*, 29(4), 58–77.
- Hurtado, P., Díaz, L., & Rodríguez, C. (2023). Big data en la cadena de suministro: revisión bibliométrica. *Revista Científica General José María Córdova*, 21(42), 1–20.
- López, S. (2023). Identificación de riesgos en las cadenas de suministro. *Nova Scientia*, 15(30), 1–18.
- Marín, A., Valenzuela, M., Cuamea, G., & Brau, A. (2023). Lean Six Sigma para reducción de desperdicios en manufactura. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 24(1), e1984.
- Medina, I., Castillo, C., & Ramos, A. (2023). Lean Six Sigma y productividad en procesos industriales. *Industrial Data*, 26(2), 239–262.



- Mera, M., Zambrano, A., & Rodríguez, J. (2023). Lean Six Sigma en la mejora de servicios. *Dominio de las Ciencias*, 9(2), 1–18.
- Montes, Z., Castillo, J., & Fernández, M. (2021). Logística inversa y gestión de residuos. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12(23), 1–22.
- Morelos, J., Gómez, T., & Fontalvo, T. (2023). Six Sigma en el sector manufacturero. *Dirección y Organización*, 80, 18–41. <https://doi.org/10.37610/dyo.v0i80.641>
- Navarro, S., García, M., & Torres, D. (2023). Six Sigma en la industria alimentaria. *Ciencia y Tecnología*, 23(2), 1–12.
- Nava, D. (2022). Lean Six Sigma en procesos logísticos y productividad. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 512–530.
- Oramas, O., Santos, M., & Hernández, Y. (2023). Evolución de la cadena de suministro a cadena de valor. *Economía y Desarrollo*, 167(2), 1–18.
- Otálora, G., Escobar, J., & Sánchez, C. (2023). Capacidades logísticas e internacionalización empresarial. *Revista CEA*, 9(20), 1–21.
- Pano, C., Lazcano, G., & Núñez, F. (2022). Lean Six Sigma en terminales logísticas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 512–530. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1515
- Paredes, L., Cedeño, J., & Zambrano, M. (2023). Lean en gestión empresarial. *Polo del Conocimiento*, 8(3), 1–20.
- Pimienta, L., & Vargas, E. (2023). Lean Six Sigma en logística empresarial. *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, 5(2), 50–61. <https://doi.org/10.17981/bilo.5.2.2023.05>
- Quispe-Fernández, G., Ayaviri-Nina, D., & Maldonado, Z. (2021). Mejora continua en organizaciones logísticas. *Revista de Ciencias Sociales*, 27(3), 144–158.
- Ramírez, J., López, V., Hernández, S., & Morejón, M. (2021). Lean Six Sigma e Industria 4.0. *UNESUM Ciencias*, 5(4), 151–168. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v5.n4.2021.584>
- Ruiz-López, D. (2023). Transformación digital en cadenas de suministro. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica*, 5(8), 88–103.
- Sánchez-Suárez, A., Paredes, J., & Molina, C. (2023). Resiliencia en cadenas de suministro globales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 1154–1173.
- Suárez, T., Solórzano, M., & Cevallos, J. (2023). Gestión de cadena de suministro e internacionalización. *PENTACIENCIAS*, 5(4), 1–16.
- Vite, S., Colan, B., & Escobedo, F. (2023). Lean Six Sigma en control de inventarios. *Biotech and Engineering*, 3(2), 1–12. <https://doi.org/10.52248/eb.Vol3Iss2.70>



ISSN: 3151-8265
DOI:



Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés