Ciencia y Educación
(L-ISSN: 2790-8402 E-ISSN: 2707-3378)
Vol. 7 No. 11.1
Edición Especial XI 2026

INTEGRACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN EN LA GESTIÓN DE PROBLEMAS DE LA CADENA DE SUMINISTRO: DESARROLLO DE UN CUADRO CONCEPTUAL
INTEGRATION OF LEAN TOOLS INTO SUPPLY CHAIN PROBLEM MANAGEMENT: DEVELOPMENT OF A CONCEPTUAL FRAMEWORK

Autores: [1]Shirley Anahí Mariño Rugel y [2]Darwin Santiago Aldás Salazar.
[1]ORCID ID: https://orcid.org/0009-0001-5413-5213
[2]ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-8882-030X
[1]E-mail de contacto: smarino6313@uta.edu.ec
[2]E-mail de contacto: darwinsaldas@uta.edu.ec
Afiliación: [1*2*]Universidad Técnica de Ambato, (Ecuador).
Artículo recibido: 2 de Octubre del 2026.
Artículo revisado: 20 de Octubre del 2026.
Artículo aprobado: 20 de Octubre del 2026.
[1]Estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Técnica de Ambato, (Ecuador).
[2]Ingeniero Industrial, graduado de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, (Ecuador). Magíster en Gestión Industrial y Sistemas Productivos, graduado de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, (Ecuador). Doctorante del Doctorado en el programa de Ingeniería y Producción Industrial, en la Universidad Politécnica de Valencia, (España). Profesor de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.

Resumen

El estudio tuvo como objetivo integrar las herramientas Lean con los problemas presentes en la cadena de suministro de la industria manufacturera mediante el desarrollo de un cuadro conceptual. Se realizó una revisión sistemática de la literatura, de carácter bibliográfico-documental y alcance descriptivo-analítico, considerando publicaciones entre 2015 y 2026. La búsqueda se efectuó en las bases de datos de Scopus y Web of Science y, tras aplicar los criterios de selección, se conformó un corpus final de 68 estudios. La información se examinó mediante análisis bibliométrico y síntesis temática para identificar problemas recurrentes, herramientas Lean y relaciones entre ambos elementos. Los retrasos y tiempos de espera fueron los problemas con mayor presencia, identificados en 27 estudios, seguidos por el exceso de inventario, inventario en proceso y sobreproducción, con 22, y la variabilidad de la demanda y del suministro, con 21. Entre las herramientas Lean, Value Stream Mapping, Kanban y 5S registraron la mayor frecuencia de aparición. El análisis mostró que una misma dificultad puede relacionarse con varias herramientas y que una misma herramienta puede emplearse frente a problemas distintos. A partir de estas relaciones se construyó un cuadro conceptual que incorpora, de forma complementaria, las condiciones de aplicación y los objetivos de desempeño. Se concluye que la selección de herramientas Lean debe responder al problema identificado, al eslabón de la cadena donde se presenta y a la función que cumple cada herramienta dentro del proceso. La propuesta ofrece una base organizada para apoyar el análisis de problemas en cadenas de suministro manufactureras.

Palabras clave: Industria manufacturera, Problemas de la cadena de suministro, Gestión de la cadena de suministro, Herramientas Lean, Cuadro conceptual.

Abstract

This study aimed to integrate Lean tools with problems identified in manufacturing supply chains through the development of a conceptual framework. A systematic literature review was conducted using a bibliographic and documentary approach with a descriptive-analytical scope, considering publications from 2015 to 2026. Searches were carried out on Scopus and Web of Science, and after applying the selection criteria, a final corpus of 68 studies was obtained. The information was examined through bibliometric analysis and thematic synthesis to identify recurring problems, Lean tools, and the relationships between them. Delays and waiting times were the most frequently reported problems, appearing in 27 studies, followed by excess inventory, work-in-process inventory, and overproduction in 22

studies, and variability in demand and supply in 21. Among the Lean tools, Value Stream Mapping, Kanban, and 5S showed the highest frequency of occurrence. The analysis showed that a single problem may be related to several tools, while the same tool may be used for different problems. Based on these relationships, a conceptual framework was developed that also incorporates application conditions and performance objectives as complementary elements. It is concluded that the selection of Lean tools should respond to the identified problem, the supply-chain stage at which the problem occurs, and the function performed by each tool within the process. The proposed framework provides an organized basis for supporting problem analysis in manufacturing supply chains.

Keywords: Manufacturing industry, Supply chain problems, Supply chain management, Lean tools, Conceptual framework.

Sumário

Este estudo teve como objetivo integrar as ferramentas Lean aos problemas presentes nas cadeias de suprimentos da indústria manufatureira por meio do desenvolvimento de um quadro conceitual. Foi realizada uma revisão sistemática da literatura, de caráter bibliográfico e documental e com alcance descritivo-analítico, considerando publicações entre 2015 e 2026. As buscas foram realizadas nas bases Scopus e Web of Science e, após a aplicação dos critérios de seleção, foi obtido um conjunto final de 68 estudos. As informações foram analisadas por meio de análise bibliométrica e síntese temática, com o propósito de identificar problemas recorrentes, ferramentas Lean e as relações entre esses elementos. Os atrasos e tempos de espera foram os problemas mais frequentes, identificados em 27 estudos, seguidos pelo excesso de estoque, estoque em processo e superprodução, presentes em 22 estudos, e pela variabilidade da demanda e do fornecimento, identificada em 21. Entre as ferramentas Lean, Value Stream Mapping, Kanban e 5S apresentaram maior frequência de ocorrência. A análise mostrou que um mesmo problema pode estar relacionado a várias ferramentas, enquanto uma mesma ferramenta pode ser utilizada diante de problemas diferentes. Com base nessas relações, foi desenvolvido um quadro conceitual que também incorpora, de forma complementar, as condições de aplicação e os objetivos de desempenho. Conclui-se que a seleção das ferramentas Lean deve considerar o problema identificado, o elo da cadeia em que o problema se apresenta e a função desempenhada por cada ferramenta no processo. A proposta oferece uma base organizada para apoiar a análise de problemas em cadeias de suprimentos manufatureiras.

Palavras-chave: Indústria fabricante, Problemas de cadeia de fornecimento, Gestão de cadeia de fornecimento, Ferramentas Lean, Quadro conceitual.

Introducción

La cadena de suministro comprende las actividades que permiten el flujo de materiales e información desde los proveedores hasta el cliente final. Su funcionamiento depende de la coordinación entre los distintos actores que participan en ella, ya que los problemas que surgen en una etapa pueden afectar el desempeño de las demás (Ruiz et al., 2018). En la industria manufacturera, la continuidad de la cadena de suministro puede verse afectada por disrupciones de distinta duración e intensidad, con efectos directos sobre el funcionamiento de las organizaciones (Fogliatto et al., 2025).

Entre los problemas reportados se encuentran la escasez de materias primas y mano de obra, los retrasos en los envíos, el aumento de costos y los picos de demanda (Saad, 2026). A ello se suma la incertidumbre de la oferta y la demanda, que condiciona decisiones sobre capacidad de transporte, inventarios y mejora de procesos (Berk et al., 2023). Estas dificultades muestran que los problemas de la cadena no aparecen de forma aislada, sino que pueden influirse entre sí y extender sus efectos a varias etapas. Frente a este escenario, Lean, originado

en el Sistema de Producción Toyota, busca eliminar actividades que no agregan valor, reducir desperdicios y favorecer un flujo más estable de los procesos (Aygun et al., 2026). En la cadena de suministro, sus principios y herramientas se utilizan para mejorar procesos, disminuir desperdicios y sostener la mejora continua (Batwara et al., 2025). Sin embargo, su aplicación no depende únicamente de la herramienta elegida. En las pequeñas y medianas empresas (PYME), la disponibilidad de recursos, la estructura organizacional y las capacidades técnicas pueden facilitar o limitar la adopción de Lean (Acharya y Javalagi, 2026).

Las aplicaciones revisadas muestran que Lean puede utilizarse en distintos puntos de la cadena. Jing et al. (2021) emplearon Value Stream Mapping (VSM) en el proceso de adquisición para reconocer actividades sin valor y plantear mejoras en su gestión. En logística automotriz, Purba et al. (2019) recurrieron a Transportation Value Stream Mapping (TVSM) para identificar desperdicios en las operaciones de transporte de un sistema milk-run. Ambos casos ilustran cómo el mapeo del flujo puede trasladarse desde procesos internos hacia actividades de abastecimiento y logística.

El alcance de estas aplicaciones no es homogéneo. En el sector farmacéutico, Argiyantari et al. (2020) encontraron una mayor concentración de estudios en manufactura, mientras que los proveedores, las actividades posteriores y el análisis de la cadena completa habían recibido menor atención. Al mismo tiempo, la literatura ha ampliado el análisis hacia la planificación y la digitalización: Reyes et al. (2023) propusieron un modelo conceptual de planificación Lean en Industria 4.0. En un estudio posterior, Reyes et al. (2024) integraron Just-in-Time (JIT) y Material Requirements Planning (MRP) en un modelo cuantitativo para producción e inventarios que también contempló proveedores alternativos ante posibles disrupciones. A pesar de estos avances, la relación directa entre un problema específico de la cadena y las herramientas Lean empleadas para abordarlo sigue apareciendo de manera dispersa. Castro et al. (2025) analizaron la influencia de Lean Manufacturing sobre la eficiencia de la cadena manufacturera y señalaron limitaciones en la integración estratégica de sus herramientas. Esto deja un espacio para organizar la información desde una perspectiva orientada al problema: qué dificultad se presenta, en qué parte de la cadena ocurre y qué herramientas han sido utilizadas o analizadas frente a ella.

El objetivo de la presente investigación es integrar las herramientas Lean con los problemas de la cadena de suministro identificados en la literatura sobre la industria manufacturera mediante un cuadro conceptual. Para orientar su desarrollo se formularon tres preguntas: RQ1. ¿Cuáles son los principales problemas de la cadena de suministro identificados en la literatura en el contexto de la industria de manufactura?; RQ2. ¿Qué herramientas Lean han sido utilizadas para abordar los principales problemas de la cadena de suministro identificados en industrias de manufactura? y RQ3. ¿Cómo integrar herramientas Lean en función de los problemas identificados en la literatura?

Las preguntas planteadas orientaron el análisis hacia la relación entre los problemas de la cadena de suministro y las herramientas Lean descritas en los estudios. Para organizar estas relaciones se consideraron los eslabones en los que se identificaron las dificultades, junto con las condiciones de aplicación de las herramientas y los objetivos de desempeño asociados. Estos elementos sirvieron de base para el desarrollo del cuadro conceptual.

Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló mediante una revisión sistemática de la literatura, de carácter bibliográfico-documental y alcance descriptivo-analítico, orientada a identificar, organizar y analizar trabajos sobre problemas de la cadena de suministro y herramientas Lean. La revisión siguió las cinco etapas propuestas por Denyer y Tranfield (2009): formulación de las preguntas de investigación, localización de los estudios, selección y evaluación, análisis y síntesis, y presentación de los resultados. Para documentar el proceso de identificación, selección e inclusión de los documentos también se aplicaron las directrices PRISMA 2020 (Page et al., 2021). El corpus se delimitó mediante criterios de inclusión y exclusión relacionados con el periodo de publicación, el idioma, el tipo de documento, el ámbito manufacturero y la pertinencia temática. Se seleccionaron investigaciones en las que la cadena de suministro y Lean fueran componentes relevantes y que aportaran información sobre problemas, ineficiencias, riesgos o desperdicios asociados con su gestión. Los criterios utilizados durante la selección se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. *Criterios de inclusión y exclusión de los estudios.*

Código	Criterios de inclusión	Código	Criterios de exclusión
I1	Publicaciones comprendidas entre 2015 y 2026.	E1	Publicaciones fuera del periodo establecido.
I2	Estudios publicados en inglés o español.	E2	Estudios publicados en otros idiomas.
I3	Artículos científicos y artículos de revisión.	E3	Otros tipos de documentos.
I4	Estudios del sector manufacturero o aplicables a cadenas de suministro manufactureras.	E4	Estudios sin relación con el ámbito manufacturero.
I5	La cadena de suministro y Lean constituyen elementos importantes del estudio.	E5	La cadena de suministro o Lean se abordan solo de forma secundaria.
I6	El estudio identifica problemas, ineficiencias, riesgos o desperdicios de la cadena de suministro.	E6	No identifica problemas relevantes de la cadena de suministro.
I7	Permite relacionar al menos uno de esos problemas con la aplicación Lean y aportar información relevante para las preguntas de investigación.	E7	No permite relacionar el problema analizado con la aplicación Lean.
-	-	E8	Registro duplicado.

Fuente: Elaboración propia.

La búsqueda bibliográfica se realizó durante agosto de 2026 en Scopus y Web of Science. En ambas bases se utilizaron los mismos términos de búsqueda, adaptados a la sintaxis y a los campos disponibles en cada plataforma. En Scopus se utilizaron título, resumen y palabras clave mediante TITLE-ABS-KEY; en Web of Science se empleó el campo Topic (TS). Las ecuaciones de búsqueda utilizadas en cada base se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. *Ecuaciones de búsqueda.*

Base de datos	Ecuación de búsqueda
Scopus	TITLE-ABS-KEY (manufactur* AND "supply chain" AND ("lean manufacturing" OR "lean management" OR "lean production" OR "lean supply chain" OR "lean logistics" OR "lean thinking" OR "lean principle*" OR "lean tool*" OR "lean practice*" OR "lean technique*"))
Web of Science	TS= (manufactur* AND "supply chain" AND ("lean manufacturing" OR "lean management" OR "lean production" OR "lean supply chain" OR "lean logistics" OR "lean thinking" OR "lean principle*" OR "lean tool*" OR "lean practice*" OR "lean technique*"))

Fuente: Elaboración propia.

Además de lean tool*, se incluyeron lean principle*, lean practice* y lean technique* porque la literatura utiliza distintas denominaciones para describir la aplicación de Lean. Estos términos se incorporaron únicamente para ampliar la recuperación de

estudios pertinentes; su presencia en la búsqueda no implicó clasificarlos automáticamente como herramientas. La clasificación se realizó después, durante el análisis de contenido, de acuerdo con la naturaleza del elemento y el uso reportado en cada estudio. La búsqueda identificó 1.041 registros en las dos bases de datos. La selección se efectuó de forma secuencial: primero se eliminaron duplicados y se realizó el cribado por título y resumen; después se recuperaron y evaluaron los textos completos con los criterios definidos previamente. El proceso dio como resultado un corpus final de 68 estudios, compuesto por 56 documentos procedentes de Scopus y 12 registros únicos de Web of Science. La Figura 1 resume las etapas de identificación, cribado, evaluación e inclusión mediante el diagrama PRISMA 2020.

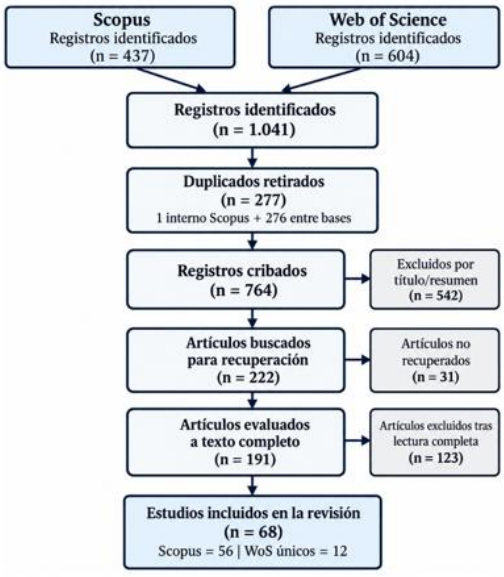

Figura 1. *Diagrama PRISMA 2020 del proceso de selección de los estudios.*

Fuente: Elaboración propia.

La información de los estudios seleccionados se organizó en una matriz de extracción. Para cada documento se registraron título, autores, año de publicación, revista, objetivo, área de aplicación, problemas de la cadena de suministro y herramientas identificadas. El uso de campos comunes permitió comparar los 68 trabajos con el mismo criterio y conservar la trazabilidad de la información empleada en la síntesis temática. Mendeley se utilizó para gestionar las referencias bibliográficas y organizar los documentos incluidos. El análisis se desarrolló en dos etapas. En la primera, la información bibliográfica de los 68 estudios se consolidó en un solo archivo y se procesó en R mediante Bibliometrix y su interfaz Biblioshiny. Se examinó la evolución anual de las publicaciones, la participación de autores y revistas y la coocurrencia de palabras clave (Campina et al., 2024). Antes de visualizar la red en VOSviewer, los términos se depuraron mediante listas de exclusión y la unificación de sinónimos.

La segunda etapa correspondió al análisis de contenido. En cada estudio se identificaron los problemas de la cadena de suministro y las herramientas Lean utilizadas o analizadas. Solo se registraron elementos presentes en el análisis, los resultados o las conclusiones de los artículos; las menciones utilizadas únicamente como antecedente no se contabilizaron. Un mismo estudio se contó una sola vez dentro de cada categoría, aunque podía aportar a varias cuando abordaba problemas diferentes.

Los hallazgos con significado equivalente se agruparon mediante síntesis temática bajo una denominación común, conservando su relación con los estudios de origen para calcular la frecuencia de aparición. En el caso de Lean se mantuvo una distinción entre herramientas y otros elementos, como principios, sistemas, tecnologías o métodos complementarios. Esta separación evitó tratar como herramienta cualquier concepto mencionado junto con Lean. Para integrar los resultados de RQ1 y RQ2, cada problema se codificó en el eslabón de la cadena

donde había sido identificado y se vinculó únicamente con herramientas Lean respaldadas por los estudios revisados. No se establecieron correspondencias por semejanza funcional ni por supuestos teóricos. Con estas relaciones se construyó la matriz problema-eslabón-herramienta que sirve de base para la integración posterior. La matriz se complementó con las condiciones de aplicación, ventajas, limitaciones y requerimientos descritos para cada herramienta.

Las contribuciones al desempeño se organizaron según los cinco objetivos de Slack y Lewis (2011): calidad, velocidad, confiabilidad, flexibilidad y costo, y solo se registraron cuando la relación aparecía de forma explícita en los estudios. Estos elementos no alteraron la asociación principal entre problema y herramienta; se utilizaron para interpretar en qué contexto puede aplicarse cada opción y qué resultado de desempeño puede apoyar. La integración de estas dimensiones dio lugar al cuadro conceptual propuesto para RQ3.

Resultados y Discusión

Los 68 estudios incluidos abarcaron el periodo 2015-2026. La mayor producción se registró en 2019, con nueve publicaciones; 2018 y 2026 presentaron ocho cada uno, y 2021 y 2025 reunieron siete estudios. El menor número se observó en 2016, con dos publicaciones. La evolución anual del corpus se presenta en la Figura 2. Los 68 estudios se distribuyeron en 53 revistas, lo que evidencia una publicación dispersa entre distintas fuentes. Production Planning & Control concentró cuatro trabajos. International Journal of Lean Six Sigma, International Journal of Production Research e International Journal of Supply Chain Management registraron tres publicaciones cada una. Otras seis revistas reunieron dos estudios, mientras que las restantes estuvieron representadas por un solo documento. La Figura 3 muestra las fuentes con mayor participación.

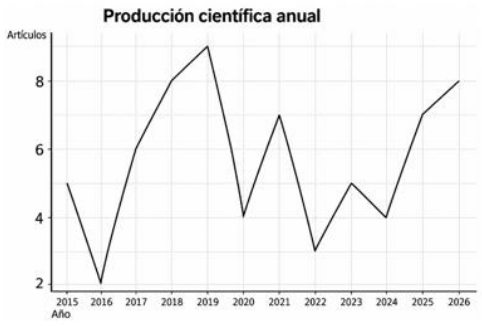

Figura 2. *Producción científica anual de los estudios.*

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. *Revistas con mayor número de publicaciones.*

Fuente: Elaboración propia.

En la autoría participaron 192 investigadores. John Reyes registró la mayor presencia, con cuatro publicaciones; Manuel Díaz-Madroñero, Cristina López, Josefa Mula, Rocío Ruiz-Benítez y Guilherme L. Tortorella participaron en tres estudios cada uno. La distribución indica que el corpus no depende de un grupo reducido de autores, sino que reúne aportes de numerosos

investigadores. Los autores con mayor presencia se presentan en la Figura 4. El análisis bibliométrico se complementó con la coocurrencia de las palabras clave de los autores, representada en la Figura 5. Los términos con mayor presencia visual incluyen lean manufacturing, supply chain management, supply chain, value stream mapping, lean logistics e Industry 4.0. Lean manufacturing ocupa una posición central y se conecta con conceptos vinculados con la gestión de la cadena, la logística y la mejora de procesos. También aparecen supply chain resilience y supply chain agility, lo que refleja el interés de los estudios por la capacidad de respuesta y adaptación de las cadenas.

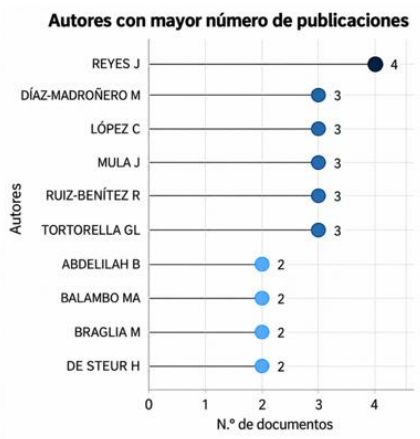

Figura 4. *Autores con mayor número de publicaciones.*

Fuente: Elaboración propia.

Chen et al. (2019) asociaron el incremento de inventarios con la sobreproducción y el sobreabastecimiento en cadenas globales, mientras que Leaven et al. (2017) reportaron altos niveles de inventario de seguridad junto con lead times prolongados en una empresa fabricante de lubricantes. La incertidumbre se presentó tanto en la demanda y el suministro como en los procesos internos (Fadaki et al., 2020). La caracterización bibliométrica permitió reconocer la composición y los temas dominantes del corpus. Luego, el análisis se centró en los problemas de la cadena de suministro reportados por los estudios para responder RQ1. Las categorías identificadas y su frecuencia se presentan en la Tabla 3. Los principales problemas identificados en la literatura fueron los retrasos y tiempos de espera, el exceso de inventario, inventario en proceso y sobreproducción, así como la variabilidad e incertidumbre de la demanda y del suministro. Estas categorías aparecen relacionadas entre sí en varios trabajos.



Figura 5. *Mapa de coocurrencia de palabras clave.*

Fuente: Elaboración propia.

Las fluctuaciones de la demanda se relacionaron con faltantes, mayores tiempos de suministro y decisiones de inventario (Gurahoo y Salisbury, 2018; Pattanaik, 2021). También influyeron en la estrategia adoptada ante cambios del mercado Virmani et al. (2018) y en la selección de proveedores cuando se modifican las condiciones de abastecimiento (Abdollahi et al., 2015). Fernández et al. (2024) analizaron, además, el efecto látigo como la

amplificación de la variabilidad de los pedidos a medida que estos avanzan aguas arriba en la cadena. Los costos y la logística formaron otro grupo relevante de problemas. Takeno et al. (2015) estudiaron los costos de inventario y transporte asociados con la distancia entre una empresa de autopartes y uno de sus principales clientes. Meyer y Amberg (2018) mostraron que la frecuencia de transporte obliga a equilibrar esos dos tipos de costo en redes de abastecimiento automotriz. Mo y Cook (2018) señalaron que, en sistemas Just-in-Time, las entregas suelen realizarse en volúmenes menores y con mayor frecuencia, por lo que la disponibilidad de la red de transporte adquiere un papel crítico.

Tabla 3. *Problemas recurrentes de la cadena de suministro identificados en los estudios incluidos.*

Código	Problema de la cadena de suministro	N.º de estudios
P1	Retrasos, lead time prolongado y tiempos de espera.	27
P2	Exceso de inventario, inventario en proceso (WIP) y sobreproducción	22
P3	Variabilidad e incertidumbre de la demanda y del suministro	21
P4	Costos elevados de abastecimiento, inventario, producción y logística	16
P5	Ineficiencias de transporte, manipulación y operaciones logísticas	15
P6	Defectos, rechazos, reprocesos y problemas de calidad	14
P7	Escasez de materiales, faltantes y rupturas de stock	13
P8	Fallas de coordinación, integración e intercambio de información	11
P9	Cuellos de botella, desbalance de capacidad y problemas de planificación	11
P10	Impactos ambientales y uso ineficiente de materiales y recursos	11
P11	Disrupciones, riesgos y vulnerabilidad de la cadena	10

Fuente: Elaboración propia.

Los estudios también relacionaron las ineficiencias operativas con problemas de coordinación y calidad. En una empresa de productos electrónicos, Makinde et al. (2022) identificaron exceso de transporte, tiempos de espera e inventario en proceso; los retrasos estuvieron vinculados con desbalances entre etapas y fallas de comunicación. Zhang et al. (2020) señalaron que, en sistemas JIT, la calidad de la información logística es clave para definir cuánto material debe suministrarse y en qué momento.

En cadenas agroalimentarias, De Steur et al. (2016) ubicaron pérdidas y desperdicios en producción, procesamiento, almacenamiento y servicio, y los relacionaron con defectos, inventario innecesario, sobreproducción y procesamiento inadecuado. Las disrupciones y la vulnerabilidad de la cadena también estuvieron presentes en el corpus. Fogliatto et al. (2025) evaluaron la capacidad de empresas de la industria automotriz brasileña para responder a eventos de diferente impacto y duración. En sistemas JIT, Dinsdale y Bennett (2015) advirtieron que pequeños errores de programación o entrega pueden comprometer el suministro oportuno, debido al menor margen disponible para reaccionar. La dimensión ambiental apareció vinculada con la producción sostenible, la logística inversa y el apoyo de tecnologías de Industria 4.0 a estrategias de economía circular (Ciliberto et al., 2021).

Silva y Gomes (2025) identificaron siete configuraciones de prácticas Lean y gestión verde asociadas con alto desempeño ambiental, algunas con niveles reducidos de producción pull. También se reportaron posibles efectos ambientales de las entregas frecuentes: Jaber et al. (2017) señalaron impactos asociados con envíos pequeños, y Ugarte et al. (2016) relacionaron una mayor frecuencia de transporte bajo JIT con mayores emisiones de gases de efecto invernadero. Purnama et al. (2026) estudiaron además una cadena de batik intensiva en agua, productos químicos y energía. En el abastecimiento, la escasez de

componentes y materias primas se relacionó con retrasos y disrupciones. Frente a estos riesgos, los estudios revisados consideraron medidas como planificación de inventarios, abastecimiento múltiple y proveedores de respaldo (Saleeshya et al., 2015; Shafiee et al., 2022; Zeidan et al., 2026). Los resultados de RQ1 muestran que los problemas abarcan desde el flujo operativo y la disponibilidad de materiales hasta la coordinación, los costos, el ambiente y la capacidad de respuesta ante disrupciones.

Para responder RQ2 se examinaron las herramientas Lean identificadas en los estudios. Debido a que la literatura utiliza distintas denominaciones para los elementos asociados con Lean, incluyendo herramientas, prácticas y sistemas (Reyes et al., 2026), en esta revisión se adoptó un criterio de clasificación que permitió distinguir las herramientas Lean de otros elementos según su naturaleza y el uso reportado en los estudios. La Tabla 4 presenta las herramientas identificadas bajo este criterio y su frecuencia de aparición.

Tabla 4. *Herramientas Lean identificadas.*

Herramienta Lean	N.º de estudios
Value Stream Mapping (VSM) y adaptaciones	35
Kanban / e-Kanban / Digital Kanban	25
5S	20
Herramientas visuales Lean (Andon, control y planificación visual)	15
Poka-Yoke	11
SMED (Single-Minute Exchange of Die)	11
Spaghetti Diagram	2

Fuente: Elaboración propia.

VSM, Kanban y 5S fueron las herramientas con mayor presencia. En el caso de VSM, Hussain y Figueiredo (2023) lo utilizaron para analizar tiempo de ciclo, lead time y actividades con y sin valor agregado, además de apoyar la visibilidad del proceso y la planificación. Wesana et al. (2019) aplicaron VSM a una cadena láctea para localizar puntos críticos de pérdidas alimentarias y nutricionales en producción, procesamiento y distribución. Fallas et al. (2018) desarrollaron una herramienta de logística esbelta apoyada en VSM para integrar actividades logísticas e identificar desperdicios asociados con el inventario. Kanban apareció principalmente vinculado con el control del flujo y del inventario. Castellano (2019) señaló su utilidad para controlar el avance del trabajo y reducir exceso de producto terminado, cuellos de botella y retrasos en la entrega. Makinde et al. (2022) propusieron un Digital Kanban para comunicar requerimientos de materia prima e inventario en proceso entre estaciones.

Por su parte, Bevilacqua et al. (2019) aplicaron 5S en un sistema automatizado de almacenamiento y recuperación con el fin de reducir tiempos desperdiciados durante la gestión de materiales. Las herramientas visuales Lean, Poka-Yoke y SMED también aparecieron en el corpus, aunque con menor frecuencia. Braglia et al. (2019) propusieron una solución de planificación visual para gestionar las operaciones diarias de un cross-docking manufacturero.

Reyes et al. (2026) relacionaron Andon con alertas visuales y en tiempo real, y observaron que los trabajos que incorporaban Poka-Yoke lo hacían principalmente desde una perspectiva teórica. Batwara et al. (2025) presentaron SMED como una herramienta de cambio rápido asociada con menores tiempos de inactividad y costos, además de una mejor programación de las operaciones. El Spaghetti Diagram tuvo la menor frecuencia, con dos estudios. Abideen y Mohamad (2021) lo utilizaron como apoyo antes de elaborar los mapas de estado actual y futuro de un almacén farmacéutico. Félix et al. (2025) lo combinaron con VSM y un rediseño del layout para reducir distancias de recorrido. Como estas intervenciones incluyeron varias

acciones, los efectos reportados no se atribuyeron exclusivamente al Spaghetti Diagram. Las diferencias entre las herramientas llevaron a examinar con qué problemas se relacionaban y en qué eslabones de la cadena se presentaban esas dificultades. Para organizar el análisis se consideraron cuatro eslabones: proveedor, manufactura, almacén y cliente. La matriz incluyó únicamente relaciones respaldadas por los estudios revisados, sin agregar vínculos por semejanza funcional. Los eslabones se codificaron como A: proveedor, B: manufactura, C: almacén y D: cliente; el símbolo indica la presencia del problema en el eslabón correspondiente. La Tabla 5 resume estas relaciones.

Tabla 5. *Relación entre problemas, eslabones de la cadena de suministro y herramientas Lean.*

Problema	A	B	C	D	Herramientas Lean	Referencias
P1. Retrasos y tiempos de espera.	•	•	•	•	VSM y adaptaciones; Kanban; 5S; herramientas visuales Lean; Spaghetti Diagram (uso complementario).	(Abideen & Mohamad, 2021; Bevilacqua et al., 2019; Braglia et al., 2019; Hussain & Figueiredo, 2023; Jing et al., 2021; Saad, 2026)
P2. Exceso de inventario, WIP y sobreproducción.		•	•		VSM y adaptaciones; Kanban / e-Kanban / Digital Kanban.	(Abideen & Mohamad, 2021; Ali et al., 2022; Jing et al., 2021; Leaven et al., 2017; Makinde et al., 2022)
P3. Variabilidad e incertidumbre.	•	•	•	•	Kanban; herramientas visuales Lean (Visual Planning).	(Braglia et al., 2019; Frazzon et al., 2017)
P4. Costos elevados.	•	•	•		VSM y adaptaciones; Kanban.	(Aruleswaran et al., 2026; Leaven et al., 2017; Saad, 2026)
P5. Ineficiencias de transporte y logística.	•	•	•		VSM y adaptaciones (TVSM); herramientas visuales Lean (Visual Planning).	(Abideen & Mohamad, 2021; Ali et al., 2022; Braglia et al., 2019; Purba et al., 2019)
P6. Defectos y problemas de calidad.	•	•	•	•	Poka-Yoke; VSM y adaptaciones.	(De Steur et al., 2016; García-Alcaraz et al., 2019; Purnama et al., 2026)
P7. Escasez de materiales y rupturas de stock.	•	•	•		Kanban.	(Saad, 2026)
P8. Coordinación e intercambio de información.	•	•	•		Digital Kanban; herramientas visuales Lean; VSM y adaptaciones (TVSM).	(Makinde et al., 2022; Purba et al., 2019; Saad, 2026)
P9. Cuellos de botella y problemas de planificación.	•	•	•	•	VSM y adaptaciones; SMED; herramientas visuales Lean (Visual Planning).	(Batwara et al., 2025; Braglia et al., 2019; Hussain & Figueiredo, 2023; Makinde et al., 2022)
P10. Impactos ambientales y uso ineficiente de recursos.	•	•	•	•	5S; VSM y adaptaciones.	(Batwara et al., 2025; Caldera et al., 2017; De Steur et al., 2016; Kurdve et al., 2015; Purnama et al., 2026)
P11. Disrupciones, riesgos y vulnerabilidad.	•	•	•	•	Kanban; VSM y adaptaciones; herramientas visuales Lean.	(Fogliatto et al., 2025; Saad, 2026; Shafiee et al., 2022)

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5 muestra que no existe una correspondencia única entre problema y herramienta. Una misma dificultad aparece asociada con varias herramientas, y una misma herramienta se utiliza o analiza frente a problemas distintos. La elección no puede basarse solo en la frecuencia de aparición: también debe considerar el problema concreto, el eslabón de la cadena en el que se presenta el problema y la función que cumple la herramienta dentro del proceso. Cuando los estudios reportaron aplicaciones combinadas, la matriz mantuvo esa condición y evitó atribuir a una sola herramienta resultados obtenidos mediante varias acciones. La relación problema-herramienta tampoco puede separarse del contexto de aplicación. Acharya y Javalagi (2026) muestran que el tamaño de la empresa, el sector y la disponibilidad de recursos influyen en la adopción de Lean, especialmente en las PYME. Saad (2026) identifica además restricciones financieras y técnicas que pueden limitar determinadas aplicaciones. La Tabla 6 reúne no solo la situación en la que se utiliza cada herramienta, sino también las ventajas reportadas y las condiciones o requerimientos que deben considerarse antes de implementarla.

Tabla 6. *Condiciones de aplicación, ventajas y consideraciones de implementación de las herramientas Lean.*

Herramienta Lean	Situación de aplicación	Ventajas reportadas	Condiciones y consideraciones de implementación
VSM y adaptaciones	Aplicación en manufactura, abastecimiento y almacenamiento para representar el flujo, analizar tiempos e identificar actividades con y sin valor agregado (Abideen & Mohamad, 2021; Hussain & Figueiredo, 2023; Jing et al., 2021).	Facilita la identificación de desperdicios y mejora la visibilidad y la planificación del proceso (Hussain & Figueiredo, 2023; Jing et al., 2021).	Requiere recopilar información del proceso y registrar tiempos (Hussain & Figueiredo, 2023). Para representar dinámicamente el estado futuro puede complementarse con simulación (Abideen & Mohamad, 2021). Su aplicación sostenida puede integrarse sistemáticamente al ciclo de mejora continua (Hussain & Figueiredo, 2023).
Kanban, e-Kanban y Digital Kanban	Uso en sistemas pull para coordinar el movimiento y la reposición de materiales; su modalidad digital también permite comunicar requerimientos de materia prima y WIP entre estaciones (Frazzon et al., 2017; Makinde et al., 2022).	Favorece el control del inventario y la disponibilidad de materiales, ayudando a evitar interrupciones por faltantes (Saad, 2026).	La configuración del sistema depende de la variabilidad de la demanda y la producción; algunas estrategias pull requieren mayor estabilidad y tiempos de producción cortos (Frazzon et al., 2017). El Digital Kanban propuesto por Makinde et al. (2022) requiere pantallas, actualización en tiempo real y un responsable del control del inventario.
5S	Aplicación en producción y almacenamiento para organizar espacios y materiales, incluido un sistema automatizado de almacenamiento y recuperación (Bevilacqua et al., 2019).	Apoya la organización de espacios y materiales y, combinada con técnicas de análisis de datos, contribuye a reducir tiempos desperdiciados en las actividades de almacenamiento, recuperación y picking (Bevilacqua et al., 2019).	En las PYME, 5S se describe como una práctica interna de baja inversión; sin embargo, la adopción Lean puede verse condicionada por la disponibilidad de recursos financieros, capacidades técnicas y gestión interna (Acharya & Javalagi, 2026).
Herramientas visuales Lean	Uso en la gestión diaria de las operaciones para establecer prioridades, visualizar el avance y apoyar la planificación del trabajo (Braglia et al., 2019; Saad, 2026).	Mejoran la visibilidad y la coordinación entre áreas. En el caso estudiado por Saad (2026), los envíos tardíos disminuyeron del 35 % a un promedio del 3 %.	Pueden implementarse inicialmente con recursos sencillos, como registros, pizarras e imanes (Saad, 2026). La actualización del tablero es crítica para su eficacia y, en operaciones dinámicas, puede apoyarse en tableros electrónicos y tecnologías de identificación automática (Braglia et al., 2019).
Poka-Yoke	Aplicación en procesos productivos para prevenir errores durante la operación (García-Alcaraz et al., 2019).	Ayuda a evitar la propagación de errores y favorece la estandarización de los procesos (García-Alcaraz et al., 2019).	Reyes et al. (2026) encontraron ocho trabajos que incorporaban Poka-Yoke en sus modelos y señalaron que lo abordaban desde una perspectiva teórica.
SMED	Orientada a procesos con tiempos improductivos asociados a cambios o ajustes de equipos, mediante la reducción y reorganización de las actividades de cambio (Batwara et al., 2025).	Batwara et al. (2025) relacionaron SMED con la reducción del tiempo de cambio y de inactividad, menores costos y una mejor programación de las operaciones.	En el caso analizado por Batwara et al. (2025), SMED forma parte de un conjunto de mejoras propuestas; por ello, los resultados del estado futuro no pueden atribuirse únicamente a esta herramienta.
Spaghetti Diagram	Uso complementario en el análisis de recorridos y desplazamientos antes de modificar el flujo o la distribución del proceso (Abideen & Mohamad, 2021; Félix-Jácquez et al., 2025).	Apoya la identificación de recorridos innecesarios y el rediseño del layout. En el caso de remanufactura formó parte de una estrategia que redujo en 66 % la distancia entre determinadas estaciones (Félix-Jácquez et al., 2025).	Su efecto debe interpretarse junto con las demás acciones aplicadas: en Félix-Jácquez et al. (2025), la mejora combinó VSM, Spaghetti Diagram y rediseño del layout.

Fuente: Elaboración propia.

Las condiciones de la Tabla 6 muestran que la aplicación de Lean cambia según el tipo de empresa, el sector y el eslabón de la cadena de suministro (López y Ruiz, 2020); (Ruiz et al., 2019). En las PYME, las restricciones financieras y las capacidades técnicas y gerenciales pueden dificultar su adopción; en la relación con proveedores, la inestabilidad financiera también puede reducir la disposición a participar en procesos de formación Lean (Acharya y Javalagi, 2026; Reitsma et al., 2021). En sistemas Engineer-to-Order se han reportado barreras relacionadas con la organización, la gestión, el conocimiento, la cultura y las finanzas (Schulze y Dallasega, 2023). El contexto productivo añade otras restricciones. En el procesamiento agroalimentario, Ema et al. (2024) señalaron problemas de previsión de la demanda, variabilidad de materias primas, estacionalidad

e incertidumbre. Shah y Ganji (2017) destacaron el compromiso de la dirección, la capacitación y la participación del personal como factores que condicionan la implementación. En el ámbito ambiental, Silva y Gomes (2025) identificaron distintas combinaciones de prácticas Lean y gestión verde asociadas con alto desempeño, lo que refuerza la idea de que la configuración de las prácticas depende del objetivo y del entorno de aplicación.

Los requerimientos tecnológicos y organizativos también dependen del contexto. La relación entre el JIT del proveedor y la flexibilidad puede variar según la tecnología avanzada de manufactura y el empoderamiento del personal; a su vez, las tecnologías de información, el JIT y el manejo de materiales y logística aparecen entre los factores relevantes para implementar Lean (Panigrahi et al., 2024); (Suleiman et al., 2021). En aplicaciones concretas, el soporte puede ir desde tableros visuales sencillos hasta Digital Kanban con actualización en tiempo real, VSM complementado con simulación y métodos de análisis de causa raíz apoyados por tecnologías de Industria 4.0 (Abideen y Mohamad, 2021); Braglia et al., 2021; Makinde et al., 2022; Saad, 2026). La integración de JIT, balanceo de carga e inteligencia artificial se ha utilizado para reducir inventarios y responder a disrupciones (Lakhouil y Soulhi, 2025). La selección de indicadores debe considerar los objetivos y el contexto de cada empresa (Buonamico et al., 2017). Debido a esta variedad de condiciones, el análisis no asignó una categoría general de costo a cada herramienta; se conservaron los requerimientos descritos en los estudios para evitar generalizaciones que no estuvieran respaldadas.

Después de revisar las condiciones de aplicación, se analizó la contribución de las herramientas Lean a los objetivos de desempeño. Los estudios muestran que una misma iniciativa puede producir resultados distintos según el indicador que se pretende mejorar (Ruiz et al., 2018); (Tortorella et al., 2018). Para ordenar estas relaciones se tomó como referencia la propuesta de Slack y Lewis (2011), que distingue cinco objetivos: calidad, velocidad, confiabilidad, flexibilidad y costo. Cada vínculo se registró solo cuando los estudios del corpus señalaban de forma explícita la contribución de la herramienta a una de estas dimensiones. El símbolo ● de la Tabla 7 representa las relaciones identificadas; las celdas vacías indican ausencia de evidencia explícita dentro del corpus, no imposibilidad de que exista el efecto.

Tabla 7. *Relación entre herramientas Lean y objetivos de desempeño.*

Herramienta Lean	Calidad	Velocidad	Confiabilidad	Flexibilidad	Costo
VSM y adaptaciones		●		●	
Kanban / e-Kanban / Digital Kanban		●			
5S		●			
Herramientas visuales Lean		●	●	●	
Poka-Yoke	●				
SMED		●			●
Spaghetti Diagram		●			

Fuente: Elaboración propia.

La velocidad fue el objetivo de desempeño relacionado con un mayor número de herramientas. VSM se vinculó con esta dimensión por su uso en el análisis del lead time y del tiempo de ciclo, y con la flexibilidad por su aporte a la visibilidad y planificación del flujo (Hussain y Figueiredo, 2023). Kanban se relacionó con la velocidad mediante la reposición oportuna de materiales y la reducción de interrupciones por faltantes (Saad, 2026). En 5S, la relación se observó en aplicaciones orientadas a disminuir tiempos desperdiciados durante el almacenamiento, la recuperación y la preparación de pedidos (Bevilacqua et al., 2019).

Las herramientas visuales se relacionaron con velocidad, confiabilidad y flexibilidad. Saad (2026) reportó reducciones en los tiempos de entrega y en los envíos tardíos, junto con una mayor capacidad para actualizar la planificación ante cambios del proceso. Poka-Yoke se vinculó con la calidad por su función preventiva frente a errores y por su apoyo a la estandarización (García et al., 2019). En SMED, Batwara et al. (2025) reportaron menores tiempos de cambio e inactividad y reducción de costos.

El Spaghetti Diagram se relacionó con la velocidad cuando el análisis de recorridos se combinó con cambios de layout; en ese caso, el resultado se interpretó como parte de una intervención conjunta y no como efecto aislado de la herramienta (Félix et al., 2025). Los resultados sobre desempeño también muestran que los efectos de Lean no son uniformes. Abu et al. (2018) encontraron en empresas manufactureras efectos positivos de los componentes de gestión Lean analizados sobre el desempeño de la cadena, aunque el comportamiento no fue igual frente al desempeño de mercado. Massoudi (2019) observó, en una empresa farmacéutica, una adopción relativamente alta de la estandarización de procesos y de los estándares industriales, mientras que la respuesta al cliente en flexibilidad y entrega no alcanzó el mismo nivel. Estas diferencias justifican analizar cada herramienta en relación con el objetivo de desempeño que se busca mejorar. La ausencia de una relación en algunas celdas de la Tabla 7 no significa que una herramienta sea incapaz de influir en ese objetivo; indica que los estudios revisados no aportaron evidencia explícita suficiente para establecer el vínculo dentro de esta revisión.

Con ese criterio, las relaciones de las Tablas 5, 6 y 7 se integraron en un cuadro conceptual que reúne problemas, eslabones de la cadena, herramientas Lean, condiciones de aplicación y objetivos de desempeño. La Figura 6 presenta el resultado de esta integración. La Figura 6 debe leerse como una guía de relación entre elementos y no como una secuencia rígida de aplicación. El punto de partida es el problema identificado y el eslabón de la cadena donde se presenta; desde allí se observan las herramientas respaldadas por la literatura.

Las condiciones de aplicación permiten valorar si esas opciones son compatibles con el contexto de la empresa, mientras que los objetivos de desempeño ayudan a precisar qué resultado se pretende apoyar. Esta lectura evita asumir que una herramienta producirá el mismo efecto en cualquier situación. Los estudios sobre integración y agilidad refuerzan esa necesidad de considerar el contexto. Abdelilah et al. (2023) encontraron que la agilidad de la cadena media la relación entre Lean, integración y desempeño operativo. En un análisis comparativo posterior, Abdelilah et al. (2025) observaron diferencias entre sectores: Lean tuvo un papel especialmente relevante en

la agilidad del sector automotriz, mientras que en los sectores aeroespacial y agroalimentario la integración de la cadena antecedió a la agilidad. Escobar y Reyes (2026) propusieron, por su parte, un marco que articula dimensiones de cadena de suministro, Lean Manufacturing e Industria 5.0.

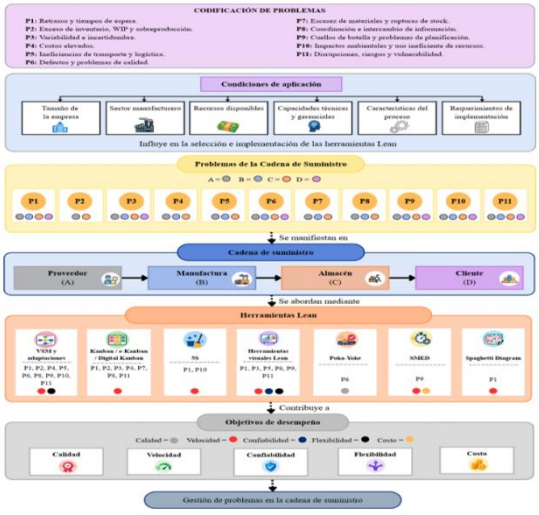

Figura 6. *Cuadro conceptual para la integración de herramientas Lean en la gestión de problemas de la cadena de suministro.*

Fuente: Elaboración propia.

El aporte del cuadro conceptual consiste en reunir estas relaciones en una estructura que permite analizarlas sin convertirlas en reglas universales. El lector puede partir de la dificultad observada, ubicar el eslabón de la cadena en el que se presenta el problema, revisar las herramientas que cuentan con respaldo en los estudios y, antes de seleccionar una opción, considerar sus condiciones de aplicación y el objetivo de desempeño relacionado. Así, el cuadro funciona como apoyo para el análisis de problemas en cadenas de suministro manufactureras y mantiene visibles los límites de la evidencia utilizada para construirlo.

Conclusiones

La revisión permitió identificar que los retrasos y tiempos de espera, el exceso de inventario y la variabilidad de la demanda y del suministro son los problemas más recurrentes en las cadenas de suministro manufactureras. También se encontraron dificultades relacionadas con los costos, la logística, la calidad, la disponibilidad de materiales y la coordinación de las operaciones. Estos hallazgos reflejan que los problemas pueden presentarse en distintos eslabones de la cadena, por lo que es importante reconocer dónde se originan o manifiestan para comprender sus características.

Entre las herramientas Lean identificadas destacaron VSM y sus adaptaciones, Kanban y 5S, seguidas por las herramientas visuales Lean, Poka-Yoke, SMED y Spaghetti Diagram. Su relación con los problemas varía según la función que desempeñan: VSM se vinculó principalmente con el análisis de retrasos e ineficiencias del flujo, Kanban con el control de inventarios y la reposición de materiales, y Poka-Yoke con la prevención de defectos. Esto evidencia que no existe una solución única para cada dificultad y que las herramientas deben analizarse en función de las necesidades del proceso.

A partir de las relaciones encontradas se desarrolló un cuadro conceptual que organiza los problemas según los eslabones de proveedor, manufactura, almacén y cliente, y los vincula con las herramientas respaldadas por la literatura. La propuesta también considera las condiciones de aplicación y los objetivos de desempeño, lo que permite examinar las alternativas disponibles antes de seleccionar una herramienta. Su principal aporte es reunir estos elementos en una estructura que facilita el análisis de problemas y ofrece una referencia para la toma de decisiones en el ámbito

manufacturero, sin establecer reglas generales de implementación. El estudio se limitó a la evidencia recuperada de Scopus y Web of Science y no contempló una validación práctica del cuadro conceptual. Por esta razón, las relaciones identificadas no garantizan resultados equivalentes en todas las organizaciones. Se recomienda que futuras investigaciones evalúen la propuesta en empresas manufactureras de distintos sectores y tamaños, con el propósito de comprobar su utilidad, analizar los resultados mediante indicadores de desempeño y determinar los ajustes necesarios para su aplicación.

Referencias Bibliográficas

Abdelilah, B., El Korchi, A., & Amine Balambo, M. (2023). Agility as a combination of lean and supply chain integration: how to achieve a better performance. International Journal of Logistics Research and Applications, 26(6), 633–661. https://doi.org/10.1080/13675567.2021.1972949

Abdelilah, B., El Korchi, A., & Balambo, M. A. (2025). The dynamics behind the performance outcomes of agile supply chains: a comparative study. Business Process Management Journal, 32(3), 769–791. https://doi.org/10.1108/BPMJ-12-2023-0928

Abdollahi, M., Arvan, M., & Razmi, J. (2015). An integrated approach for supplier portfolio selection: Lean or agile? Expert Systems with Applications, 42(1), 679–690. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.08.019

Abideen, A., & Mohamad, F. B. (2021). Improving the performance of a Malaysian pharmaceutical warehouse supply chain by integrating value stream mapping and discrete event simulation. Journal of Modelling in Management, 16(1), 70–102. https://doi.org/10.1108/JM2-07-2019-0159

Abu Nimeh, H., Abdallah, A. B., & Sweis, R. (2018). Lean Supply Chain Management Practices and Performance: Empirical Evidence from Manufacturing Companies. International Journal of Supply Chain Management, 7(1), 1–15. https://doi.org/10.59160/ijscm.v7i1.1844

Acharya, R., & Javalagi, C. M. (2026). Transforming India's Small Manufacturers through Lean-Digital Integration. Journal of The Institution of Engineers (India): Series C, 107(2), 939–951. https://doi.org/10.1007/s40032-026-01349-2

Ali, A. H., Elrouby, H., & Haddad, S. (2022). The Role of Continuous Improvement Process in Optimizing the Warehouse Operations: A Case study on a German Automotive Company. Journal of Logistics, Informatics and Service Science, 9(4), 169–196. https://doi.org/10.33168/LISS.2022.0412

Argiyantari, B., Simatupang, T. M., & Basri, M. H. (2020). Pharmaceutical supply chain transformation through application of the lean principle: A literature review. Journal of Industrial Engineering and Management, 13(3), 475–494. https://doi.org/10.3926/jiem.3100

Aruleswaran, A., Muraliraj, J., & Zailani, S. (2026). Lean six sigma and sustainable supply chain management: a case study in electric vehicle parts manufacturing. International Journal of Lean Six Sigma, 17(1), 147–169. https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2024-0069

Aygun, S., Goker, N., & Mukul, E. (2026). A systematic review of lean logistics with science mapping approach: Application areas and key tools. Research in Transportation Business and Management, 68, 101774. https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2026.101774

Batwara, A., Kediya, S., & Kayande, R. A. (2025). An analytical framework for optimizing supply chain operations with lean practices. Supply Chain Analytics, 11, 100145. https://doi.org/10.1016/j.sca.2025.100145

Berk, E., Ayas, O., & Ülkü, M. A. (2023). Optimizing Process-Improvement Efforts for Supply Chain Operations under Disruptions: New Structural Results. Sustainability

(Switzerland), 15(17), 13117. https://doi.org/10.3390/su151713117

Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., & Antomarioni, S. (2019). Lean principles for organizing items in an automated storage and retrieval system: An association rule mining – Based approach. Management and Production Engineering Review, 10(1), 29–36. https://doi.org/10.24425/mper.2019.128241

Braglia, M., Castellano, D., Gallo, M., & Romagnoli, G. (2019). A visual planning solution to streamline the processes of hybrid cross-dockings. Production Planning and Control, 30(1), 33–47. https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1520317

Braglia, M., Marrazzini, L., Padellini, L., & Rinaldi, R. (2021). Managerial and Industry 4.0 solutions for fashion supply chains. Journal of Fashion Marketing and Management, 25(1), 184–201. https://doi.org/10.1108/JFMM-12-2019-0285

Buonamico, N., Muller, L., & Camargo, M. (2017). A new fuzzy logic-based metric to measure lean warehousing performance. Supply Chain Forum, 18(2), 96–111. https://doi.org/10.1080/16258312.2017.1293466

Caldera, H. T. S., Desha, C., & Dawes, L. (2017). Exploring the role of lean thinking in sustainable business practice: A systematic literature review. Journal of Cleaner Production, 167, 1546–1565. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.126

Campina-López, A. C., Lorca-Marín, A. A., & de las Heras Pérez, M. Á. (2024). Indagación, modelización y pensamiento computacional: Un análisis bibliométrico con el uso de Bibliometrix a través de Biblioshiny. Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias, 21(1), 1102. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i1.1102

Castellano Lendínez, L. (2019). Kanban. Metodología para aumentar la eficiencia de los procesos. 3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme. 8(1), 30–41. https://doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n1e29/30-41

Castro-Rejas, E. M., Chanca-Trillo, C. A., & Cuba-Cornejo, C. L. (2025). Lean manufacturing and supply chain: towards excellence in the manufacturing industry. Aibi, Revista de Investigacion Administracion e Ingenierias, 13(3), 166–180. https://doi.org/10.15649/2346030X.5804

Chen, C. K., Palma, F., & Reyes, L. (2019). Reducing global supply chains' waste of overproduction by using lean principles: A conceptual approach. International Journal of Quality and Service Sciences, 11(4), 441–454. https://doi.org/10.1108/IJQSS-03-2018-0024

Ciliberto, C., Szopik-Depczyńska, K., Tarczyńska-Łuniewska, M., Ruggieri, A., & Ioppolo, G. (2021). Enabling the Circular Economy transition: a sustainable lean manufacturing recipe for Industry 4.0. Business Strategy and the Environment, 30(7), 3255–3272. https://doi.org/10.1002/bse.2801

De Steur, H., Wesana, J., Dora, M. K., Pearce, D., & Gellynck, X. (2016). Applying Value Stream Mapping to reduce food losses and wastes in supply chains: A systematic review. Waste Management, 58, 359–368. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.025

Denyer, D., & Tranfield, D. (2009). Producing a systematic review. In D. A. Buchanan & A. Bryman (Eds.), The SAGE Handbook of Organizational Research Methods (pp. 671–689). SAGE Publications.

Dinsdale, E. J., & Bennett, D. (2015). Benefits; drawbacks and boundaries to deliver JIT: Re-thinking the UK automotive industry operations supply strategy. Benchmarking, 22(6), 1081–1095. https://doi.org/10.1108/BIJ-07-2014-0073

Ema, N. R., Mithu, M. A. H., & Sayem, A. (2024). Exploring driving factors in employing waste reduction tools to alleviate the global food security and sustainability. Heliyon, 10(7), e28192.

https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28192

Escobar, S., & Reyes, J. (2026). An integrative conceptual framework for the evolution of lean supply chains from industry 4.0 to industry 5.0. International Journal of Production Management and Engineering, 14(2), 191–213. https://doi.org/10.4995/ijpme.2026.24523

Fadaki, M., Rahman, S., & Chan, C. (2020). Leagile supply chain: design drivers and business performance implications. International Journal of Production Research, 58(18), 5601–5623. https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1693660

Fallas-Valverde, P., Quesada, H. J., & Madrigal-Sánchez, J. (2018). Implementación de principios de manufactura esbelta a actividades logísticas: un caso de estudio en la industria maderera. Revista Tecnología En Marcha, 31(3), 52–65. https://doi.org/10.18845/tm.v31i3.3901

Félix-Jácquez, R. H., Hernández-Uribe, Ó., Cárdenas-Robledo, L. A., & Mora-Alvarez, Z. A. (2025). Design of a Remanufacturing Line Applying Lean Manufacturing and Supply Chain Strategies. Logistics, 9(1), 33. https://doi.org/10.3390/logistics9010033

Fernández-Arribas, C. L., Ponte, B., & Fernández, I. (2024). Shaping closed-loop supply chain dynamics: Mitigating the bullwhip effect and improving customer satisfaction in production systems with material reuse. Computers and Industrial Engineering, 195, 110407. https://doi.org/10.1016/j.cie.2024.110407

Fogliatto, F., Tortorella, G., Saurin, T., Furlan, A., & Galeazzo, A. (2025). Contribution of lean production to the resilience of the Brazilian automotive supply chain. Production Planning and Control, 36(14), 1863–1878. https://doi.org/10.1080/09537287.2024.2421897

Frazzon, E., Tortorella, G. L., Dávalos, R., Holtz, T., & Coelho, L. (2017). Simulation-based analysis of a supplier-manufacturer relationship in lean supply chains. International Journal of Lean Six Sigma, 8(3), 262–274. https://doi.org/10.1108/IJLSS-03-2016-0009

García, J., Realyvasquez, A., García, P., Pérez, M., Blanco, J., & Jiménez, E. (2019). Effects of human factors and lean techniques on Just in Time benefits. Sustainability, 11(7), 1864. https://doi.org/10.3390/su11071864

Gurahoo, N., & Salisbury, R. H. (2018). Lean and agile in small- and medium-sized enterprises: Complementary or incompatible? South African Journal of Business Management, 49(1), a11. https://doi.org/10.4102/sajbm.v49i1.11

Hussain, D., & Figueiredo, M. C. (2023). Improving the time-based performance of the preparatory stage in textile manufacturing process with value stream mapping. Business Process Management Journal, 29(3), 801–837. https://doi.org/10.1108/BPMJ-08-2022-0366

Jaber, M., Bonney, M., & Jawad, H. (2017). Comparison between economic order/manufacture quantity and just-in-time models from a thermodynamics point of view. Computers and Industrial Engineering, 112, 503–510. https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.08.023

Jing, S., Hou, K., Yan, J., Ho, Z. P., & Han, L. (2021). Investigating the effect of value stream mapping on procurement effectiveness: a case study. Journal of Intelligent Manufacturing, 32(4), 935–946. https://doi.org/10.1007/s10845-020-01594-x

Kurdve, M., Shahbazi, S., Wendin, M., Bengtsson, C., & Wiktorsson, M. (2015). Waste flow mapping to improve sustainability of waste management: A case study approach. Journal of Cleaner Production, 98, 304–315. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.076

Lakhouil, H., & Soulhi, A. (2025). The fusion of Lean Manufacturing with Industry 4.0 technologies towards a new pillar for improving supply chain performance, the case of the automotive industry in Morocco. Data and Metadata, 4, 473. https://doi.org/10.56294/dm2025473

Leaven, L., Wang, S., Coley, L., & Udoka, S. (2017). Achieving Optimal Safety Inventory Levels for Oil Companies using the CONWIP Approach. International Journal of Supply Chain Management, 6(4), 17–21. https://doi.org/10.59160/ijscm.v6i4.1711

López, C., & Ruiz-Benítez, R. (2020). Multilayer analysis of supply chain strategies' impact on sustainability. Journal of Purchasing and Supply Management, 26(2), 100535. https://doi.org/10.1016/j.pursup.2019.04.003

Makinde, O., Selepe, R., Munyai, T., Ramdass, K., & Nesamvuni, A. (2022). Improving the Supply Chain Performance of an Electronic Product-Manufacturing Organisation Using DMAIC Approach. Cogent Engineering, 9(1), 2025196. https://doi.org/10.1080/23311916.2021.2025196

Massoudi, A. H. (2019). Adopting Lean Supply Chain at Unipharma Syria to Improve its Response to Clients. International Journal of Supply Chain Management, 8(5), 10–19. https://doi.org/10.59160/ijscm.v8i5.2462

Meyer, A., & Amberg, B. (2018). Transport concept selection considering supplier milk runs – An integrated model and a case study from the automotive industry. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 113, 147–169. https://doi.org/10.1016/j.tre.2017.07.004

Mo, J., & Cook, M. (2018). Quantitative lifecycle risk analysis of the development of a just-in-time transportation network system. Advanced Engineering Informatics, 36, 76–85. https://doi.org/10.1016/j.aei.2018.03.002

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Panigrahi, S. S., Katiyar, R., & Mishra, D. (2024). Integrated DEMATEL-ML approach for implementing lean supply chain in manufacturing sector. Journal of Advances in Management Research, 21(3), 449–477. https://doi.org/10.1108/JAMR-08-2023-0231

Pattanaik, L. (2021). Simulation Optimization of Manufacturing Takt Time for a Leagile Supply Chain with a De-coupling Point. International Journal of Industrial Engineering and Management, 12(2), 102–114. https://doi.org/10.24867/IJIEM-2021-2-280

Purba, H. H., Fitra, A., & Nindiani, A. (2019). Control and integration of milk-run operation in Japanese automotive company in Indonesia. Management and Production Engineering Review, 10(1), 79–88. https://doi.org/10.24425/mper.2019.128246

Purnama, D., Afraah, S. M., Nugraheni, D., Sulfuadi, A. A., & Hidayat, A. (2026). A Circular and Sustainable Planning Framework for Supply Chain Optimization: Integrating Lean Practices and Life Cycle Assessment Using Sustainable Value Stream Mapping. International Journal of Sustainable Development and Planning, 21(4), 1585–1604. https://doi.org/10.18280/ijsdp.210412

Reitsma, E., Manfredsson, P., Hilletofth, P., & Andersson, R. (2021). The outcomes of providing lean training to strategic suppliers: a Swedish case study. TQM Journal, 33(5), 1049–1065. https://doi.org/10.1108/TQM-04-2020-0085

Reyes, J., Mula, J., & Díaz-Madroñero, M. (2023). Development of a conceptual model for lean supply chain planning in industry 4.0: multidimensional analysis for operations management. Production Planning and Control, 34(12), 1209–1224. https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1993373

Reyes, J., Mula, J., & Diaz-Madroñero, M. (2024). Quantitative insights into the integrated push and pull production problem for lean supply chain planning 4.0. International Journal of Production Research,

62(17), 6251–6275. https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2312205

Reyes, J., Mula, J., & Diaz-Madroñero, M. (2026). Reviewing lean manufacturing and Industry 4.0 technologies in the supply chain. International Journal of Production Research, 64(20), 8991–9020. https://doi.org/10.1080/00207543.2026.2615814

Ruiz, R., López, C., & Real, J. (2018). The lean and resilient management of the supply chain and its impact on performance. International Journal of Production Economics, 203, 190–202. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.06.009

Ruiz-Benítez, R., López, C., & Real, J. C. (2019). Achieving sustainability through the lean and resilient management of the supply chain. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, 49(2), 122–155. https://doi.org/10.1108/IJPDLM-10-2017-0320

Saad, H. (2026). From Chaos to Control: Transforming Supply Chains with Lean Strategies. Lean Construction Journal, (2026), 165–198. https://doi.org/10.60164/77i5xn4o7

Saleeshya, P. G., Sneha, A., Karthikeyan, C., Sreenu, C., & Rohith, A. K. (2015). Lean practices in machinery manufacturing industries-a case study. International Journal of Logistics Systems and Management, 20(4), 536–554. https://doi.org/10.1504/IJLSM.2015.068494

Schulze, F., & Dallasega, P. (2023). Barriers to lean implementation in engineer-to-order manufacturing with subsequent assembly on-site: state of the art and future directions. Production Planning and Control, 34(1), 91–115. https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1888159

Shafiee, M., Zare Mehrjerdi, Y., & Keshavarz, M. (2022). Integrating lean, resilient, and sustainable practices in supply chain network: mathematical modelling and the AUGMECON2 approach. International Journal of Systems Science: Operations and Logistics, 9(4), 451–471. https://doi.org/10.1080/23302674.2021.1921878

Shah, S. R., & Naghi Ganji, E. (2017). Lean production and supply chain innovation in baked foods supplier to improve performance. British Food Journal, 119(11), 2421–2447. https://doi.org/10.1108/BFJ-03-2017-0122

Silva, G. M., & Gomes, P. J. (2025). Lean production, green supply chain management and environmental performance: a configurational perspective based on the Portuguese context. International Journal of Lean Six Sigma, 16(2), 518–541. https://doi.org/10.1108/IJLSS-02-2023-0036

Slack, N., & Lewis, M. (2011). Operations Strategy (3rd ed.). Pearson Education.

Suleiman, M. A., Huo, B., & Ye, Y. (2021). Linking supplier JIT to flexibility performance: the moderating impact of advanced manufacturing technology and human resource empowerment. Industrial Management and Data Systems, 121(11), 2237–2253. https://doi.org/10.1108/IMDS-02-2021-0096

Takeno, F. Y., Lucato, W. C., Vanalle, R. M., & Vieira Júnior, M. (2015). Proximity as a key factor to narrow the relationship between supplier and its customer – a case study in the auto industry. Independent Journal of Management & Production, 6(4), 962–972. https://doi.org/10.14807/ijmp.v6i4.341

Tortorella, G. L., Giglio, R., & Limon-Romero, J. (2018). Supply chain performance: how lean practices efficiently drive improvements. Journal of Manufacturing Technology Management, 29(5), 829–845. https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2017-0194

Ugarte, G, Golden, J., & Dooley, K. (2016). Lean versus green: The impact of lean logistics on greenhouse gas emissions in consumer goods supply chains. Journal of Purchasing and Supply Management, 22(2),

98–109. https://doi.org/10.1016/j.pursup.2015.09.002

Virmani, N., Saha, R., & Sahai, R. (2018). Leagile manufacturing: a review paper. International Journal of Productivity and Quality Management, 23(3), 385–421. https://doi.org/10.1504/IJPQM.2018.089807

Wesana, J., Gellynck, X., Dora, M. K., Pearce, D., & De Steur, H. (2019). Measuring food and nutritional losses through value stream mapping along the dairy value chain in Uganda. Resources, Conservation and Recycling, 150, 104416. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104416

Zeidan, K., Nehme, N., Refaat, M., & Kreidieh, F. (2026). Optimizing CAR T-cell therapy manufacturing through lean inventory strategies: a resilience and cost-reduction analysis. IISE Transactions on Healthcare Systems Engineering. https://doi.org/10.1080/24725579.2026.2685693

Zhang, Z., Yang, X., Xue, Y., Gong, L., & Li, J. (2020). Supply Chain Logistics Information Quality Evaluation from Just-in-Time Perspective. IEEE Access, 8, 105728–105743. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2999720

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Shirley Anahí Mariño Rugel y Darwin Santiago Aldás Salazar.

Declaraciones éticas y editoriales del artículo

Contribución de los autores (Taxonomía CRediT).

Shirley Anahí Mariño Rugel: conceptualización de la investigación, diseño metodológico, desarrollo del proceso investigativo, análisis formal de los datos, redacción del borrador original del manuscrito, revisión crítica del contenido científico y supervisión general del estudio.

Darwin Santiago Aldás Salazar: curación y organización de los datos, participación en la recolección de información, validación de los resultados obtenidos y elaboración de representaciones gráficas y visualización de los datos.

Shirley Anahí Mariño Rugel: provisión de recursos académicos y materiales para el desarrollo del estudio, apoyo en la administración del proyecto investigativo y revisión editorial del manuscrito antes de su publicación.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con la investigación presentada, la autoría del manuscrito ni la publicación del presente artículo.

Declaración de financiamiento

La presente investigación no recibió financiamiento específico de agencias públicas, comerciales o de organizaciones sin fines de lucro. En caso de existir financiamiento institucional o externo, este deberá ser declarado explícitamente por los autores en esta sección.

Declaración del editor

El editor responsable certifica que el proceso editorial del presente artículo se desarrolló conforme a los principios de integridad científica, transparencia y buenas prácticas editoriales. El manuscrito fue sometido a un proceso de evaluación mediante revisión por pares doble ciego, garantizando la confidencialidad de la identidad de los autores y revisores durante todo el proceso de dictamen académico. Asimismo, el editor declara que el artículo cumple con los criterios científicos, metodológicos y éticos establecidos por la revista.

Declaración de los revisores

Los revisores externos que participaron en la evaluación del presente manuscrito declaran haber realizado el proceso de revisión de manera objetiva, independiente y confidencial. Asimismo, manifiestan que no mantienen conflictos de interés con los autores ni con la investigación evaluada, y que sus observaciones y recomendaciones se fundamentan exclusivamente en criterios científicos, metodológicos y académicos.

Declaración ética de la investigación

Los autores declaran que la investigación se desarrolló respetando los principios éticos de la investigación científica, garantizando la confidencialidad de los datos y el respeto a los participantes del estudio. En los casos en que la investigación involucre seres humanos, los procedimientos deben ajustarse a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y a las normativas institucionales correspondientes.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que el uso de herramientas de inteligencia artificial, en caso de haberse utilizado durante el proceso de investigación o redacción del manuscrito, se realizó únicamente como apoyo técnico para mejorar la claridad del lenguaje o el análisis de información, manteniendo siempre la responsabilidad intelectual sobre el contenido del artículo. Las herramientas de inteligencia artificial no fueron utilizadas como autoras del manuscrito ni sustituyen la responsabilidad académica de los investigadores.

Disponibilidad de datos

Los datos que respaldan los resultados de esta investigación estarán disponibles previa solicitud razonable al autor de correspondencia, respetando las normas éticas y de confidencialidad establecidas por la investigación.