

Lean Warehousing to optimize warehouse management in manufacturing industries: A systematic literature review

Raúl Antonio Carlín Mendoza;; Caroline. Ivette Cayo Hernandez;; Antonio Jose Obregón La Rosa;; Vanesa del Carmen Roque Pisconte;

Universidad Tecnológica del Perú, Perú, *U17100249@utp.edu.pe, U19202766@utp.edu.pe, C23320@utp.edu.pe, C22053@utp.edu.pe*

Abstract- Warehouse management in manufacturing industries faces operational challenges that impact logistics efficiency. Lean Warehousing has emerged as a strategy to reduce waste, improve material flow, and increase productivity. This systematic literature review aimed to analyze how the application of lean tools optimizes warehouse management in this sector. The PRISMA methodology was used with the PICO strategy to select 17 scientific articles published between 2011 and 2024. The studies were analyzed according to inclusion, exclusion, and methodological quality criteria. The results show that the most used tools were VSM and 5S/6S/7S, with positive impacts on indicators such as cycle time, lead time, NVA, and Process Cycle Efficiency. It was evidenced that Lean Warehousing can be implemented both in small companies and in automated organizations, provided there is alignment between tools, problems, and context. Moreover, it was observed that the proper selection of tools corresponds to the specific nature of the logistical problems addressed. In conclusion, the study contributes to the comparative analysis of recent evidence on Lean Warehousing and its application in manufacturing settings and highlights the need to explore its integration with emerging technologies to expand its scope and sustainability in warehouse management.

Keywords-- *Warehouse management, Lean Warehousing, inventory optimization, efficiency, Manufacturing.*

Lean Warehousing para optimizar la gestión de almacenes en industrias manufactureras: Una Revisión Sistemática de Literatura

Raúl Antonio Carlín Mendoza^{ID}; Caroline. Ivette Cayo Hernandez^{ID}; Antonio Jose Obregón La Rosa^{ID}; Vanesa del Carmen Roque Pisconte^{ID};

Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U17100249@utp.edu.pe, U19202766@utp.edu.pe, C23320@utp.edu.pe, C22053@utp.edu.pe

Resumen- *La gestión de almacenes en industrias manufactureras enfrenta desafíos operativos que impactan la eficiencia logística. Lean Warehousing surgió como una estrategia para reducir desperdicios, mejorar el flujo de materiales y aumentar la productividad. Esta revisión sistemática de literatura tuvo como objetivo analizar la eficiencia de Lean Warehousing para optimizar la gestión de almacenes en dicho sector. Se utilizó la metodología PRISMA con la estrategia PICO para seleccionar 17 artículos científicos publicados entre 2011 y 2024. Los estudios fueron analizados según criterios de inclusión, exclusión y calidad metodológica. Los resultados muestran que las herramientas más utilizadas fueron VSM y 5S/6S/7S, con impactos positivos en indicadores como tiempo de ciclo, lead time, NVA y Process Cycle Efficiency. Se evidenció que Lean Warehousing puede implementarse tanto en pequeñas empresas como en organizaciones automatizadas, siempre que exista alineación entre herramientas, problemas y contexto. Además, se observó que la elección adecuada de herramientas responde a la naturaleza específica de los problemas logísticos abordados. En conclusión, el estudio contribuye al análisis comparativo de evidencia reciente sobre Lean Warehousing y su aplicación en entornos manufactureros, y plantea la necesidad de explorar su integración con tecnologías emergentes para ampliar su alcance y sostenibilidad en la gestión de almacenes.*

Palabras clave- Gestión de almacenes, Lean Warehousing, optimización de inventario, eficiencia, manufacturera.

I. INTRODUCCIÓN

Las empresas manufactureras enfrentan retos importantes en la gestión de almacenes, debido a ineficiencias operativas que afectan su productividad y capacidad de respuesta al mercado [1]. En tal sentido, la gestión de almacenes es un sistema integral de control de inventarios y producción, donde se busca minimizar desplazamientos innecesarios, tiempos improductivos y desorganización, a fin de mejorar la eficiencia operativa y la planificación de la producción [2]. En este contexto, lean warehousing surge como una metodología que aplica los principios del pensamiento lean para optimizar procesos logísticos [3]. Su aplicación ha demostrado mejoras significativas en tiempos de ciclo, errores de preparación de pedidos y uso del espacio; por ejemplo, en una empresa peruana del sector calzado, la implementación de herramientas lean permitió reducir los errores de picking en un 27.68% y mejorar el indicador de entregas completas y a tiempo (OTIF) en un 13.27% [4].

La gestión de almacenes en las empresas de manufactura presenta deficiencias que afectan directamente los procesos

logísticos y operativos [5]. Dos causas identificadas son, la carencia de procesos estandarizados, lo cual genera acumulación de inventario y los tiempos de espera prolongados [6]. Además, la mala disposición en almacén y la manipulación incorrecta de materiales elevan los costos y dificultan el cumplimiento de plazos [7]. Por ejemplo, en una empresa de distribución peruana, se identificó que el 28.64% de los pedidos no eran atendidos por falta de stock y que los tiempos de picking llegaban hasta 5 horas, debido a una disposición inadecuada del almacén y ausencia de procesos estandarizados [8].

Esta RSL tiene como aporte principal sistematizar las prácticas más efectivas de lean warehousing aplicadas al contexto de empresas manufactureras para optimizar la gestión de almacenes. Al ofrecer un marco actualizado y adaptado a los desafíos del sector, la comunidad académica podrá contar con un referente contextualizado que enriquezca la literatura actual. Además, los hallazgos permitirán sustentar futuros estudios empíricos sobre la implementación de las herramientas de lean warehousing en contextos reales. Por ejemplo, una empresa farmacéutica podría aplicar VSM y 5S para reorganizar zonas de almacenamiento, reducir tiempos de picking y mejorar la satisfacción del cliente.

Bajo este contexto, el objetivo de esta revisión sistemática de literatura fue analizar la eficiencia de Lean Warehousing para optimizar la gestión de almacenes en industrias manufactureras, a partir del análisis de los principales problemas logísticos, las herramientas Lean aplicadas, los indicadores de mejora reportados y los sectores industriales involucrados.

El presente documento tiene cinco secciones, de las cuales la sección I corresponde a la introducción. En la sección II se detalla la metodología seguida para la realización de la revisión sistemática, la cual incluye el enfoque PICO, los criterios de inclusión y exclusión, y el proceso de selección de los artículos primarios. La sección III presenta los resultados de la revisión, organizados en función del análisis bibliométrico, los problemas identificados, las herramientas aplicadas, los indicadores de mejora y los contextos de aplicación. En la sección IV se discuten los principales hallazgos a la luz de la literatura, destacando convergencias y discrepancias entre estudios, así como implicancias prácticas. Finalmente, en la sección V se sintetizan las conclusiones del estudio, se exponen sus limitaciones y se proponen futuras líneas de investigación.

II. METODOLOGÍA

A. Estrategia de búsqueda

Se realizó una revisión sistemática de literatura con metaanálisis, centrada en estudios sobre la aplicación de lean warehousing en la gestión de almacenes en empresas del sector manufacturero. La estrategia de búsqueda utilizada fue la PICO, la cual a partir de la identificación de sus componentes arrojó como resultado el acrónimo PIOC que permitió definir con claridad el problema, la intervención, los resultados esperados y el contexto de aplicación detallados en la Tabla I.

TABLA I
COMPONENTES DE LA ESTRATEGIA PICO

Acrónimo	Estrategia PICO	
	Componente	Descripción
P	Problema	Gestión de Almacenes
I	Intervención	Lean Warehousing
O	Resultados	Optimizar
C	Contextos	Industrias Manufactureras

A partir de los componentes PICO, se formularon la pregunta principal de investigación y las subpreguntas derivadas de la estrategia utilizada, las cuales cumplen el rol de guiar la revisión sistemática. Estas preguntas, que orientaron la selección de estudios y el análisis crítico, se detallan a continuación en la Tabla II.

TABLA II
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Acrónimo	Estrategia PICO
	Preguntas
Pregunta principal	¿Cómo influye la implementación de Lean Warehousing en la optimización de la gestión de almacenes en industrias manufactureras?
Problema	¿Cuáles son los principales problemas que afectan la gestión de almacenes en industrias manufactureras?
Intervención	¿Qué herramientas de Lean Warehousing se han implementado en la gestión de almacenes?
Resultados	¿Qué indicadores de desempeño muestran mejoras tras la implementación de Lean Warehousing?
Contextos	¿En qué tipos de empresas manufactureras se implementa Lean Warehousing?

Para garantizar la exhaustividad y precisión en la recopilación de estudios relevantes, se seleccionaron y combinaron términos clave y sinónimos relacionados con cada componente de la estrategia PICO, mismos que se presentan a continuación en la Tabla III.

TABLA III
VOCABULARIO CONTROLADO Y PALABRAS CLAVES

Acrónimo	Descripción	Palabras Clave
P	Gestión de Almacenes	"Warehouse management" OR warehouses OR overstock OR distribution OR "Material Handling" OR "Storage Systems" OR "Order Fulfillment" OR "Inventory Accuracy" OR "Production Inventory" OR "Receiving and Shipping" OR "Gemba Walks"
I	Lean Warehousing	"Lean Warehousing" OR 5S OR ABC OR kaizen OR JIT OR VSM OR "Just In Time" OR "Value Stream Mapping" OR "Good Practice of Manufacturing" OR GPM OR GPL OR "Good Practice of Logistic" OR "Lean Tools" OR "Lean Inventory" OR "Lean Techniques" OR "Standard Work"
O	Optimizar	"Optimize management" OR efficiency OR "operational efficiency" OR "error reduction" OR "cost reduction" OR "Inventory Optimization" OR "Operational Performance" OR "Performance Metrics"

C	Industrias Manufactureras	Industries OR Manufacturing OR Production OR Sector OR retail OR "Industrial Warehousing" OR "Manufacturing Industry"
---	---------------------------	---

La búsqueda se realizó a través de la base de datos de Scopus, debido a su amplia cobertura y su enfoque en publicaciones científicas indexadas y revisadas por pares. La ecuación de búsqueda empleada en dicha base fue la siguiente: (TITLE-ABS-KEY("Warehouse management" OR warehouses OR overstock OR distribution OR "Material Handling" OR "Storage Systems" OR "Order Fulfillment" OR "Inventory Accuracy" OR "Production Inventory" OR "Receiving and Shipping" OR "Gemba Walks") AND TITLE-ABS-KEY ("Lean Warehousing" OR 5s OR "abc" OR kaizen OR "jit" OR "vsm" OR "Just In Time" OR "Value Stream Mapping" OR "Good Practice of Manufacturing" OR "GPM" OR "GPL" OR "Good Practice of Logistic" OR "Lean Tools" OR "Lean Inventory" OR "Lean Techniques" OR "Standard Work") AND TITLE-ABS-KEY ("Optimize management" OR efficiency OR "operational efficiency" OR "error reduction" OR "cost reduction" OR "Inventory Optimization" OR "Operational Performance" OR "Performance Metrics") AND TITLE-ABS-KEY (industries OR manufacturing OR production OR sector OR retail OR "Industrial Warehousing" OR "Manufacturing Industry")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE , "Spanish")).

B. Criterios de inclusión y exclusión.

1) Los estudios que cumplieron con los siguientes criterios fueron considerados para su análisis en la revisión sistemática:

CI1: Estudios que identifiquen problemas operativos en almacenes de empresas manufactureras.

CI2: Estudios que aplican herramientas Lean para mejorar procesos logísticos o de almacén.

CI3: Estudios realizados en empresas del sector manufacturero con operaciones logísticas reales.

2) Se excluyeron todos aquellos artículos que cumplieran con alguno de los siguientes criterios:

CE1: Estudios que no presenten datos medibles sobre mejoras logísticas o de almacén.

CE2: Estudios basados solo en simulaciones sin validación en entornos reales.

CE3: Estudios que aplican Lean fuera del contexto de gestión de almacenes.

C. Proceso de selección de estudios

La revisión sistemática se fundamentó en la base de datos Scopus, de la cual se obtuvieron 234 registros mediante la ecuación de búsqueda diseñada bajo la estrategia PICO.

En una primera etapa, se confirmó que no habían artículos duplicados. Posteriormente, se realizó una revisión del título, resumen y palabras clave de cada artículo, con el fin de determinar su relevancia temática respecto al objetivo de la revisión. Como resultado, 185 artículos fueron excluidos.

De los 49 artículos considerados pertinentes en esta etapa, se evaluó la disponibilidad de texto completo a través de la base de datos. 10 artículos fueron descartados al no ser de acceso abierto, por lo que 39 publicaciones fueron recuperadas para su análisis detallado.

Finalmente, se aplicaron los criterios de exclusión previamente definidos, lo que derivó en la exclusión de 22 artículos distribuidos de la siguiente manera: 05 por no contar con resultados cuantificables sobre mejoras logísticas o de almacén (CE1), 07 por reportar resultados obtenidos únicamente mediante simulación, sin validación en entornos reales (CE2), y 10 por abordar estudios que, aunque apliquen herramientas de Lean, no enfocan su implementación específicamente en la gestión de almacenes (CE3).

Al concluir este proceso, 17 artículos cumplieron con todos los criterios establecidos y fueron seleccionados para su inclusión en la revisión sistemática de literatura. En la Fig. 1, se presenta el diagrama de flujo del proceso de selección de estudios, elaborado según las directrices del modelo PRISMA que resume de manera estructurada las etapas de identificación, cribado, evaluación de elegibilidad e inclusión final de los artículos en la revisión sistemática.

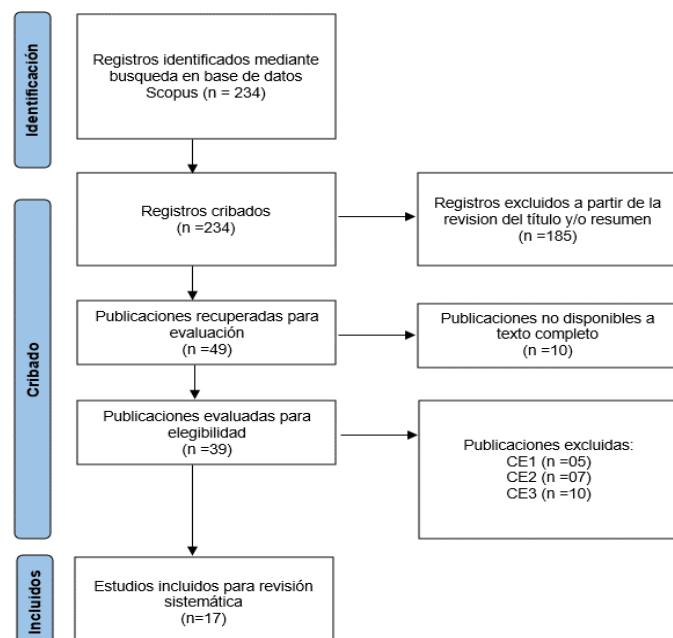


Fig. 1 Diagrama de flujo prisma.

III. RESULTADOS

A. Características de los estudios

El estudio de los artículos incluidos evidencia un incremento sostenido en las publicaciones relacionadas con Lean Warehousing, siendo 2024 el año de mayor volumen de publicación anual con 4 artículos publicados (Tabla IV). Asimismo, La India representa el país con mayor producción académica relacionada al tema con 3 artículos publicados solo entre el 2017 y el 2019 [9], [10], [11]. También, se observa que las investigaciones fueron publicadas en revistas científicas especializadas como, International Journal of Technology, IEEE Access, Cogent Engineering y Archives of Transport, en donde esta última tuvo la mayor concentración de artículos publicados dentro de los 17 incluidos para esta RSL. Adicionalmente, se evidencia que la mayoría de los artículos analizados adoptó un diseño de estudio de caso de tipo aplicado, principalmente orientado a entornos industriales reales tal como se evidencia en la Tabla IV.

B. Influencia de la implementación de Lean Warehousing en la optimización de la gestión de almacenes en industrias manufactureras.

La implementación de Lean Warehousing ha demostrado influir de forma positiva en la optimización de la gestión de almacenes en industrias manufactureras, al reducir tiempos de ciclo, mejorar el control de inventarios y aumentar la eficiencia operativa. Estas mejoras se observaron en indicadores como el Process Cycle Efficiency (PCE), el lead time y la rotación de inventarios [12], [13], [14]. Herramientas como VSM y 5S fueron clave en la reorganización de procesos logísticos, con resultados más significativos cuando se integraron con tecnologías complementarias o análisis avanzados, [15], [16]. Sin embargo, los efectos varían según el contexto, como evidencian estudios donde la aplicación de herramientas lean no generó mejoras sustanciales por falta de adecuación metodológica [9], [17]. En conjunto, los hallazgos confirman que Lean Warehousing permite optimizar la gestión de almacenes, siempre que su implementación se base en un diagnóstico preciso y una adaptación al entorno operativo.

TABLA IV
CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS

Datos Bibliográficos						
Autor	Año	País del estudio	Revista	Tipo de estudio	Nº Citas	Diseño del estudio
Ben et al. [17]	2019	Francia	Computers and Industrial Engineering	Aplicado	40	Estudio experimental
Baby et al. [9]	2018	India	International Journal of Technology	Aplicado	36	Estudio de caso
Aguilar-Paz et al. [12]	2023	Perú	SSRG International Journal of Mechanical Engineering	Aplicado	1	Estudio de caso y validación por simulación
Liu and Yang [15]	2020	China	IEEE Access	Aplicado y de validación	17	Experimental y estudio de caso
Michałowicz [18]	2024	Polonia	Archives of Transport	Aplicado	0	Estudio de caso
Mia et al. [13]	2017	Bangladesh	Archives of Transport	Aplicado	14	Estudio de caso
Chen et al. [16]	2013	Taiwán	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	Aplicado	107	Estudio de caso

Chowdary and George [19]	2011	Trinidad y Tobago	Global Journal of Flexible Systems Management	Aplicado	4	Estudio de caso
Abideen et al. [14]	2021	Malasia	Journal of Modelling in Management	Aplicado	56	Estudio de caso y simulación
Reda et al. [20]	2022	India y Etiopía	Expert Systems with Applications	Aplicado	60	Estudio de caso
Woldemicael et.al. [21]	2024	Etiopía	Cogent Engineering	Aplicado	1	Estudio de caso
Chaitien and Ramingwong [22]	2024	Tailandia	Science and Technology Asia	Aplicado	1	Estudio de caso
Nguyen et al. [23]	2023	Vietnam	Journal of Engineering Science and Technology Review	Aplicado	4	Estudio de caso
Alqahtani A.Y. [24]	2023	Arabia Saudita	SN Applied Sciences	Aplicado	12	Estudio de caso
Johnson A.; Prasad S.; Sharma A.K. [10]	2017	India	International Journal of Mechanical Engineering and Technology	Aplicado	13	Estudio de caso
Johny and Thenarasu [11]	2019	India	International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering	Aplicado	7	Estudio de caso
Duque et al. [25]	2024	Colombia	Journal of Industrial Engineering and Management	Aplicado	1	Estudio de caso

C. Principales problemas que afectan la gestión de almacenes en industrias manufactureras

Los estudios analizados identifican que los problemas más frecuentes se presentan en las etapas de almacenamiento, control de inventarios y distribución. En tal sentido, algunos de los problemas más frecuentes en la gestión de almacenes suelen ser los tiempos de ciclos excesivos, los costos elevados de almacenamiento y el exceso de inventario tanto en proceso como inmovilizado (Tabla V). Un ejemplo de lo antes mencionado, correspondiente a una industria textil donde se

reportó un nivel elevado de materias primas inmovilizadas debido a la carencia de políticas de rotación y monitoreo de inventario [12]. Estas situaciones reflejan la incidencia directa de la desorganización en almacén y la falta de visibilidad del flujo de materiales sobre la eficiencia del almacén, lo cual fue también observado en empresas de manufactura farmacéutica y metalmecánica [19], [10]. En conjunto, los problemas detectados afectan negativamente tanto los tiempos de entrega como la utilización de recursos, alargando los ciclos de atención logística y elevando los costos.

TABLA V
PROBLEMAS Y SU INCIDENCIA EN LA GESTIÓN DE ALMACENES

Autor	Problema		
	Problema	Etapa de la gestión de almacenes	Incidencia en la gestión de almacenes
Ben et al. [17]	- Costo elevado de almacenamiento.	- Recepción. - Preparación. - Distribución	- Costos operativos elevados. - Baja eficiencia operativa.
Baby et al. [9]	- Tiempo elevado de picking. - Flujo de tránsito obstruido.	- Preparación. - Distribución.	- Insatisfacción del cliente. - Congestión. - Desorden. - Costos operativos elevados.
Aguilar-Paz et al. [12]	- Baja rotación de inventario. - Desorden en el almacén. - Inexactitud en inventarios. - Compras innecesarias. - Exceso de inventario inmovilizado.	- Almacenamiento. - Control de inventarios.	- Costos operativos elevados. - Inexactitud en inventario. - Desorden. - Demoras en producción.
Liu and Yang [15]	- Ineficiencia en flujos de producción. - Exceso de inventario en proceso.	- Almacenamiento. - Control de inventarios.	- Altos niveles de WIP. - Tiempos de entrega prolongados. - Tasa de defectos elevada.
Michlowicz [18]	- Tiempos de entrega prolongados.	- Distribución.	- Insatisfacción del cliente. - Tiempos de entrega prolongados.
Mia et al. [13]	- Tiempo de ciclo prolongado. - Baja eficiencia operativa.	- Distribución.	- Tiempos de entrega prolongados. - Baja eficiencia operativa.
Chen et al. [16]	- Baja eficiencia operativa. - Procesos manuales. - Lentitud en identificación de productos.	- Almacenamiento. - Recepción.	- Costos operativos elevados. - Tiempo elevado de picking. - Distribución ineficiente del espacio.
Chowdary and George [19]	- Exceso de inventario inmovilizado. - Distribución ineficiente del espacio. - Tiempo de ciclo prolongado.	- Control de inventarios. - Almacenamiento.	- Costos operativos elevados. - Baja productividad. - Congestión.
Abideen et al. [14]	- Ineficiencia en cadena de suministro. - Problemas en almacenamiento y despacho.	- Almacenamiento. - Despacho.	- Tiempos elevados de lead time. - Baja productividad. - Problemas en la recepción, almacenamiento y picking.
Reda et al. [20]	- Selección inadecuada de herramientas lean.	- Almacenamiento. - Control de inventarios.	- Tiempo de ciclo prolongado. - Baja eficiencia operativa.
Woldemicael et.al. [21]	- Exceso de inventario en proceso. - Tiempos de entrega prolongados. - Tiempo de ciclo prolongado.	- Control de inventarios.	- Exceso desperdicios. - Desequilibrio en flujo de trabajo.
Chaitien and Ramingwong [22]	- Inexactitud en inventarios. - Costo elevado de almacenamiento.	- Control de inventarios.	- Diferencias entre el inventario en sistema y el real.
Nguyen et al. [23]	- Tiempo de ciclo prolongado. - Manipulación ineficiente de materiales.	- Almacenamiento.	- Baja eficiencia en producción. - Exceso de inventario inmovilizado. - Altos niveles de WIP.
Alqahtani A.Y. [24]	- Tiempo elevado de picking. - Retrasos en el recojo de pedidos en almacén.	- Preparación. - Distribución.	- Tiempos de entrega prolongados. - Mayor carga laboral. - Baja eficiencia operativa.
Johnson A.; Prasad S.; Sharma A.K. [10]	- Tiempos elevados de lead time. - Manipulación ineficiente de materiales.	- Almacenamiento. - Control de inventarios.	- Exceso de inventario inmovilizado. - Desperdicios. - Reprocesos.
Johny and Thenarasu [11]	- Baja eficiencia en producción. - Paradas en línea. - Manejo inadecuado de inventarios.	- Almacenamiento. - Control de inventarios.	- Sobreproducción. - Exceso de inventario en proceso. - Altos niveles de WIP.
Duque et al. [25]	- Distribución ineficiente del espacio. - Ineficiencia en picking.	- Almacenamiento.	- Costos operativos elevados.

D. Herramientas de Lean Warehousing implementadas

La mayoría de los estudios analizados aplicaron las herramientas de Value Stream Mapping (VSM) y 5S/6S/7S como herramientas iniciales para visualizar y diagnosticar los procesos logísticos en sus estados actuales (Fig. 2). En sectores como el farmacéutico y de manufactura ligera, VSM permitió identificar actividades que no agregaban valor y rediseñar los flujos internos [16], [14]. El objetivo principal de estas implementaciones fue reducir los tiempos de espera, transporte y almacenamiento innecesario. También, las herramientas fueron introducidas con enfoques de mejora continua, y en muchos casos complementadas con 5S, especialmente para organizar espacios, facilitar accesos y reducir el desplazamiento de operarios [13], [19]. La duración del proceso de implementación varió entre tres y seis meses, dependiendo de la complejidad operativa, como se reportó en empresas de bienes de consumo, metalmecánica y construcción [18], [22], [23]. En adición, algunas dificultades mencionadas incluyeron resistencia al cambio, necesidad de capacitación constante y limitaciones económicas. No obstante, estudios que incorporaron simulación por eventos discretos o lógica difusa para seleccionar herramientas priorizadas reportaron una mejor adaptación a los entornos operativos [15], [20].

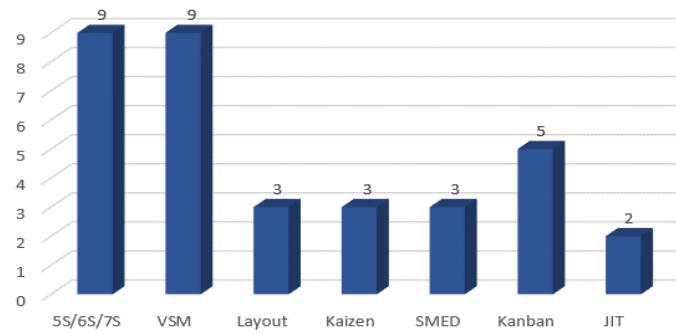


Fig. 2 Frecuencia de uso de las herramientas Lean.

E. Indicadores de desempeño mejorados tras la implementación de Lean Warehousing

Los indicadores más comúnmente evaluados fueron el tiempo de ciclo, el lead time, el inventario en proceso (WIP) y los porcentajes de tiempo de valor agregado y no agregado (Tabla VI). En el caso de una empresa del sector manufacturero farmacéutico, se observó un aumento del 29.21% en el porcentaje de valor añadido luego de aplicar VSM en conjunto con simulación de procesos [14]. De la misma manera, en una fábrica de calzado, la reorganización de estaciones bajo la metodología 5S y flujo continuo permitió aumentar el PCE (Process Cycle Efficiency) de 8.32% a 19.46% [13]. Además, el lead time se redujo significativamente en una industria del sector alimentario, pasando de doce a nueve días, lo cual se atribuyó al rediseño del layout y eliminación de actividades innecesarias [10]. Estas evidencias muestran que las herramientas Lean no solo impactan en la reducción de tiempos y costos, sino que también mejoran la eficiencia operativa global.

TABLA VI
INCIDENCIA DE LEAN WAREHOUSING EN LOS INDICADORES DE DESEMPEÑO

Autor	Resultado			
	Indicadores considerados para el estudio	Valor del desempeño de los indicadores antes del uso de herramientas Lean	Valor del desempeño de los indicadores después del uso de herramientas Lean	Métodos/Herramientas estadísticas utilizadas
Ben et al. [17]	- Tiempo para llenar los 19 trolleys. - Carga total de trabajo de los operadores. - Tiempo de espera total. - Tiempo de viaje total de los operadores. - Reserva media de capacidad operativa	- Tiempo de llenado: 4.44 h. - Carga total: 30.25 h. - Reserva media: 3.68 h. - Tiempo de espera: 0.00 h. - Tiempo de viaje: 12.37 h.	- Tiempo de llenado: 3.22 h. - Carga total: 20.73 h. - Reserva media: 5.04 h. - Tiempo de espera: 1.95 h. - Tiempo de viaje: 1.00 h	Métodos de diseño experimental (DoE)
Baby et al. [9]	- Tiempo de escaneo - Tiempo de carga de vehículos. - Tiempo de picking	- Tiempo de escaneo: 59s. - Carga de vehículos: 63min. - Tiempo picking: 335 s.	- Tiempo de escaneo: 59s. - Carga de vehículos: 63min. - Tiempo picking: 335 s.	Análisis de tiempo de ciclo, estudios de tiempo y movimiento.
Aguilar-Paz et al. [12]	- Rotación de materia prima. - Porcentaje inmovilizado. - Precisión del inventario.	- Rotación: 0.83. - Materia prima inmovilizada: 54.10%. - Precisión del inventario: 97.9%.	- Rotación: 2.41. - Materia prima inmovilizada: 44.78%. - Precisión del inventario: 98.89%.	Simulación con Arena, análisis de distribución de datos
Liu and Yang [15]	- Nivel de inventario WIP. - Tasa de defectos. - Tasa de cumplimiento de pedidos. - Tiempo de ciclo.	- Defecto visual: 8%. - Defecto mecánico: 12%. - Cumplimiento de pedidos: 90%.	- Defecto visual: 4%. - Defecto mecánico: 6%. - Cumplimiento de pedidos: 97%.	Método Taguchi con análisis de relaciones grises (GRA).
Michlowicz [18]	- OEE (Overall Equipment Effectiveness). - Productividad interna de transporte. - Tiempo de permanencia de los vehículos.	- OEE = 69.2% - Productividad de carga de 23 pallets/hora	- OEE = 86.3% - Productividad de carga de 25 pallets/hora	Ánalisis estadístico de datos de tiempo de carga, OEE, rendimiento del proceso
Mia et al. [13]	- Takt time. - PCE (Process Cycle Efficiency). - Lead time. - Uptime .	- PCE: 8.32%. - NVA: 76889 s. - Lead Time: 83867 s. - Uptime: 64%-83%.	- PCE: 19.46%. - NVA: 28888 s. - Lead Time: 35866 s. - Uptime: 93%-96%.	Ánalisis Pareto, Cálculo de PCE, Takt Time.
Chen et al. [16]	- Tiempos de picking - Coincidencia entre metodologías de clasificación (ABC, COI). - Tiempo total de operación.	ND	- Reducción del 99% en tiempo de recepción y 89% en despacho. - Ahorro total en tiempo de operación: 87%. - Tasa de lectura RFID: 99.3% (montacargas), 99.1% (carretilla hidráulica)	Simulación, análisis de tiempos de operación.

Chowdary and George [19]	<ul style="list-style-type: none"> - Espacio utilizado - Mano de obra. - Inventario en proceso (WIP). - Tiempo de ciclo CT. - Tiempo no agregado NVA. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inventario final: 1437 unidades. - tiempo de ciclo: 27 minutos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de área: 45%. - Reducción de mano de obra: 50%. - Reducción de CT: 48%. - Reducción de WIP: 83%. - Reducción de NVA: 60%. 	Análisis de flujos de procesos (PFC), mapeo de flujo de valor (VSM).
Abideen et al. [14]	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempos de procesamiento - Tiempo de espera. - Porcentaje de tiempo de valor agregado y no agregado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de valor agregado: 41.36%. - Porcentaje de valor no agregado: 61.28%. 	<ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de valor agregado: 70.57%. - Porcentaje de valor no agregado: 29.42%. 	Validación mediante error absoluto medio porcentual (MAPE).
Reda et al. [20]	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de ciclo. - Lead time. - Distancia de transporte. - Cantidad de trabajadores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de ciclo de 228.88 minutos. - Tiempo total de espera de 14 días y 120 minutos. - 4650 unidades en WIP. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de ciclo: reducción del 56.3%. - Lead time: reducción del 69.7%. - Transporte: reducción >75%. - Reducción de trabajadores: de 202 a 200. 	Fuzzy Weighted Geometric Mean (FWGM), Centroid Defuzzification
Woldemicael et.al. [21]	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de ciclo. - Tiempo de valor agregado. - Tiempo no agregado de valor. - Lead time. - Tiempo de producción. - Eficiencia operativa. - Uso de recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lead time: 14.67 días. - NVA time: 14.59 días. - VA time: 2198.24 seg. - Tiempo de valor agregado: 2198.24 seg. - Tiempo no agregado: 14.59 días. - Takt Time: 230.1 seg. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora de eficiencia: 8.16%. - Reducción de lead time: 42.72%. - Reducción de NVA time: 42.9%. - Aumento de VA ratio: 55.56%. 	Simulación DES, análisis de Pareto, modelado de procesos
Chaitien and Ramingwong [22]	<ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de diferencia de stock. - Costos laborales anuales del almacén. 	<ul style="list-style-type: none"> - Stock diff: 107.54%. - Costo: 60,500 Baht/año. 	<ul style="list-style-type: none"> - Stock diff: 18.48%. - Costo: 44,000 Baht/año. 	Fórmulas para calcular la diferencia de inventarios según el Índice de Desempeño Logístico (ILPI)
Nguyen et al. [23]	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de preparación. - Tiempo de inventario en proceso. - Productividad. - Tiempo de ciclo. - Eficiencia del ciclo de proceso (PCE) - Tiempo de inventario (WIP). - Tiempo de producto terminado (FG) 	<ul style="list-style-type: none"> - WIP: 200 piezas. - Setup time: 107.46 min. - PCE: 3.69%. - Tiempo de WIP: 15.8 horas. - Tiempo de inventario: 11.5 horas. 	<ul style="list-style-type: none"> - WIP: 20 pieza. - Setup time: 24.94 min. - Productividad: +28% (250 a 320 piezas). - PCE: 5.28%. - Tiempo de WIP: 1.9 horas. - Tiempo de inventario: 4 horas. 	Simulación con Arena
Alqahtani A.Y. [24]	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de picking. - Tiempo de desplazamiento. - Tiempo total de carga. - Índice COI 	Alta duración en los viajes de montacargas, impacto significativo en los costos operativos	<ul style="list-style-type: none"> - Ahorro: 50 h (viajes), 48 h (trabajo) 	Métodos de cálculo AHP para evaluar alternativas de estanterías y sistemas de racking
Johnson A.; Prasad S.; Sharma A.K. [10]	<ul style="list-style-type: none"> - Setup time. - Inventario en proceso. - Productividad. - Lead time - Aumento de la productividad. - Reducción de residuos e inventarios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Setup: 107.46 min. - WIP: 200 piezas. - NVA: 0.6% en la relación de valor añadido (baja eficiencia). - Lead time: 1148 min. 	<ul style="list-style-type: none"> - Setup: 24.94 min. - WIP: 20 piezas. - Productividad: +28%. - Reducción significativa en tiempos y desperdicios. - Lead time: 138 min. 	Ánalisis de tiempos, reducción de desperdicios, monitoreo de productividad
Johny and Thenarasu [11]	<ul style="list-style-type: none"> - WIP. - Lead time. - Tiempo de espera. - Inventarios en proceso. - Tiempos no valorados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lead time: 29 días. - WIP: alto. - Tiempos no valorados: 160.26 horas. 	<ul style="list-style-type: none"> - WIP reducido (347 unidades menos). - Tiempo no valorado: reducción de 113.79 horas. 	ND
Duque et al. [25]	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo de picking. - Tiempo de viaje. - Tiempo total de operación. - Coincidencia entre metodologías de clasificación (ABC, COI). - Tiempos de picking. 	ND	Reducción estimada de 98 h/mes en tiempo	Simulación, análisis de tiempos de operación

F. Tipos de empresas manufactureras en las que se implementó Lean Warehousing

El enfoque Lean Warehousing ha sido implementado en industrias con distintos niveles de complejidad, desde pequeñas manufacturas hasta plantas con procesos semiautomatizados. Los sectores representados incluyen la industria textil, calzado, farmacéutica, alimentos, metalmeccánica, cuero y construcción, tal como se evidencia en la Tabla VII. Por ejemplo, En el sector cuero, se aplicó un modelo híbrido de VSM con simulación para mejorar la eficiencia sin necesidad de inversiones en automatización [21]. Empresas como las de prefabricados de

concreto presentaron niveles bajos de automatización y dependían de la coordinación manual, lo cual hacía crítica la intervención en layout y señalización [22]. También, se destacó el uso de Kanban para simplificar el flujo de materiales en almacenes, aunque no se limitó exclusivamente a productos terminados[16]. En general, los estudios confirman que Lean Warehousing puede adaptarse a múltiples contextos manufactureros, siempre que se considere la estructura del rubro, el tamaño de la empresa y el grado de automatización existente.

TABLA VII
TIPOS DE EMPRESAS MANUFACTURERAS

Autor	Contexto			
	Rubro del sector manufacturero del estudio	Tamaño de la empresa	Tipo de almacén	Nivel de automatización del almacén
Ben et al. [17]	Automotriz	ND	Materia prima	Semiautomatizado
Baby et al. [9]	Automotriz	ND	Productos terminados	Semiautomatizado
Aguilar-Paz et al. [12]	Textil	Mediana empresa	Materia prima	Manual
Liu and Yang [15]	Calzado	Mediana empresa	Productos terminados	Semiautomatizado
Michlowicz [18]	Bienes de consumo (FMCG)	Gran empresa	Productos terminados	Semiautomatizado
Mia et al. [13]	Calzado	Mediana a grande	Materia prima y productos terminados	Manual
Chen et al. [16]	Alimentario	Gran empresa	Centro de distribución de PT	Manual

Chowdary and George [19]	Farmacéutico	Pequeña empresa	Materia prima y productos terminados	Manual
Abideen et al. [14]	Farmacéutico	ND	Materia prima	Semiautomatizado
Reda et al. [20]	Calzado	ND	ND	Semiautomatizado
Woldemicael et.al. [21]	Industria del cuero	Medianas empresas	Materia prima	Manual
Chaitien and Ramingwong [22]	Construcción	Medianas empresas	Productos pre-fabricados	Manual
Nguyen et al. [23]	Metalmeccánica	Pyme	Materia prima y Productos terminados	Manual
Alqahtani A.Y. [24]	Alimentario	Gran empresa	Picking	Semiautomatizado
Johnson A.; Prasad S.; Sharma A.K. [10]	Metalmeccánica	Medianas empresas	Materia prima	Semiautomatizado
Johny and Thenarasu [11]	Metalmeccánica	Medianas empresas	Productos pre-fabricados	Semiautomatizado
Duque et al. [25]	Alimentario	Pyme	Picking	Manual

G. Análisis estadístico descriptivo de los hallazgos

A partir de los 17 artículos incluidos en la revisión se realizó un análisis estadístico descriptivo simple sobre la frecuencia de indicadores evaluados y las magnitudes de cambio reportadas antes y después de la implementación de herramientas de Lean Warehousing. Las herramientas más usadas fueron VSM y 5S/6S/7S (9 de 17 estudios; 52.9%). Entre los indicadores evaluados con mayor frecuencia se encontraron lead time (5/17; 29.4%), tiempo de ciclo (cycle time) (5/17; 29.4%), inventario en proceso WIP (5/17; 29.4%) y tiempos de no valor agregado NVA (5/17; 29.4%). El tiempo de picking apareció en 4/17 estudios (23.5%) y la eficiencia del proceso (PCE) fue reportada en 2/17 artículos (11.8%).

Donde los estudios reportaron valores antes/después, se calcularon cambios porcentuales relativos y promedios aritméticos (media simple). Los resultados agregados muestran mejoras relevantes pero heterogéneas según el indicador y la muestra (n):

- Reducción media del lead time: 64.4% (media aritmética de 4 estudios que reportaron datos numéricos comparables: [10], [13], [20], [21]). (n = 4). Cálculo: cambio relativo (%) en cada estudio = (antes – después) / antes * 100; media aritmética de esos % individuales.
- Aumento medio del PCE (Process Cycle Efficiency): incremento de 6.37 puntos porcentuales (media simple entre los dos estudios que reportaron PCE con valores antes y después: [13] (de 8.32% a 19.46%) y [23] (de 3.69% a 5.28%)). (n = 2).
- Reducción media del WIP: 87.7% (media aritmética de 3 estudios con datos cuantificables: [10], [19], [23]. (n = 3).
- Reducción media del tiempo de no valor agregado (NVA): 54.3% (media de 4 estudios que reportaron NVA antes y después o porcentaje de reducción: [13], [14], [19], [21]. (n = 4).

Adicionalmente, se observaron reducciones puntuales notables en métricas operativas reportadas individualmente como en la recepción y despacho con una reducción del 99% y 89% respectivamente cuando se integró RFID con Lean en un caso de estudio [16], o reducción del tiempo de llenado de 4.44 h a 3.22 h en otro estudio experimental [17].

A pesar de los hallazgos encontrados en el anterior análisis estadístico, cabe mencionar que el mismo presenta ciertas limitaciones, ya que los cálculos anteriores usan un número pequeño de estudios por indicador (n entre 2 y 4 en las métricas

cuantitativas; así mismo, las definiciones e unidades no siempre son homogéneas (segundos, minutos, horas, días o %), y existe heterogeneidad metodológica (casos de estudio, simulación validada, diseños experimentales). Por ello se presenta la media como estadística descriptiva orientativa, no como estimador robusto; la heterogeneidad impide un metaanálisis formal sin estandarizar medidas y unidades.

TABLA VIII
ANÁLISIS ESTADÍSTICO SIMPLE

Indicador (nº estudios que lo informan)	nº de estudios con datos antes y después	Estadística reportada (metodología)	Resultado agregado (media)
VSM / 5S (uso)	9/17	frecuencia de uso	52.9% de los estudios usaron VSM y/o 5S.
Lead time	5/17	4 estudios con antes y después (cálculo % relativo)	Reducción media 64.4% (n=4).
Cycle time	5/17	varios reportes (tiempos en s/min/h)	Frecuencia 29.4% (descriptivo).
WIP	5/17	3 estudios con antes/después	Reducción media 87.7% (n=3).
PCE	2/17	2 estudios con antes/después (pp)	Aumento medio +6.37 pp (n=2).
NVA (tiempo NVA)	5/17	4 estudios con antes/después	Reducción media 54.3% (n=4).
Picking time	4/17	datos variados (s/min/h)	Frecuencia 23.5% (descriptivo).

IV. DISCUSIÓN

Los resultados de esta revisión sistemática confirman que la aplicación de herramientas de Lean Warehousing logró mejoras sustanciales en la eficiencia de los procesos logísticos de almacenes en empresas manufactureras, especialmente en etapas críticas como almacenamiento, control de inventarios y distribución. Estas mejoras se evidencian en múltiples indicadores operativos, como la reducción del tiempo de ciclo, el inventario en proceso (WIP) y el aumento del valor agregado en las operaciones [14], [20], [23]. Este patrón es consistente con un estudio realizado en Malasia [14], donde la integración de VSM con simulación logró aumentar significativamente el porcentaje de tiempo de valor agregado. No obstante, en una empresa automotriz en India [9], a pesar de aplicar herramientas lean, no se observaron mejoras cuantificables, lo que evidencia que el solo uso de estas metodologías no garantiza resultados si no se contextualiza su implementación de acuerdo con el tipo de empresa manufacturera, el nivel de automatización o inclusive el tamaño de la empresa.

Asimismo, el uso de herramientas lean genera efectos positivos sobre los indicadores cuando se implementa de forma integrada y adaptada al entorno operativo. Por ejemplo, en una planta de calzado [13] se reportó un incremento del Process Cycle Efficiency (PCE) del 8.32% al 19.46% tras reorganizar estaciones con 5S y flujos continuos en una planta de calzado. Este resultado contrasta con en un estudio realizado en Francia [17], donde se logró solo una reducción parcial del tiempo de viaje de los operarios, sin una mejora sostenida en todos los indicadores evaluados, a pesar de aplicar métodos experimentales. Esta diferencia puede explicarse por la ausencia de un rediseño integral del layout y la falta de articulación con otras herramientas lean en el segundo caso.

En cuanto a los problemas que afectan la gestión de almacenes en las industrias manufactureras, los resultados permiten identificar que las etapas más críticas son el almacenamiento y el control de inventarios. En estas etapas se concentra la mayoría de los problemas reportados, tales como exceso de inventario, desorganización, costos de almacenamientos excesivos y demoras en los tiempos de ciclo. En una industria textil en Perú [12] documentaron un exceso de materias primas inmovilizadas del 54.10% debido a la falta de políticas de rotación, mientras que en una industria metalmecánica en India [11] reportaron una reducción de solo 347 unidades en el WIP, pese a aplicar herramientas lean, lo cual refleja una mejora limitada. Estos contrastes permiten concluir que la magnitud de los beneficios está condicionada por la precisión del diagnóstico y la alineación entre el problema identificado y la herramienta seleccionada.

Respecto a las herramientas lean implementadas, se observa que el VSM y las 5S/6S/7S fueron las herramientas más empleadas, apareciendo en 9 de los 17 estudios analizados. En un estudio en Taiwán [16] se utilizaron estas herramientas junto a tecnología RFID y lograron una reducción del 99% en el tiempo de recepción y del 89% en el despacho, mientras que una pyme en Vietnam [23], donde también se usó VSM pero sin acompañamiento tecnológico, solo alcanzaron un PCE de 5.28%. Este contraste sugiere que el impacto de las herramientas lean se potencia cuando se integran con tecnologías complementarias o se ajustan al grado de automatización de la empresa.

En relación con los indicadores de desempeño, los resultados indican mejoras consistentes en tiempo de ciclo, WIP, lead time y nivel de valor agregado (NVA). Muestra de esto, es el estudio realizado en una empresa farmacéutica [14] en el que se incrementó el porcentaje de valor agregado del 41.36% al 70.57% al combinar VSM con simulación, mientras que en una empresa dedicada a la fabricación de calzados [20] reportaron una reducción del 69.7% en el lead time tras seleccionar herramientas lean mediante QFD y FMEA. En contraste, en una pyme en Colombia [25] solo redujeron 98 horas mensuales en tiempo de picking sin mejoras significativas en otros indicadores clave. Estas diferencias sugieren que la mejora en los indicadores está directamente relacionada con el grado de alineación entre la herramienta utilizada y el problema

identificado. Además, resalta la importancia del rediseño integral del proceso logístico por encima de cambios parciales.

Referente al los tipos de empresas manufactureras donde se implementó esta metodología, aunque la mayoría de los estudios coincide en que Lean Warehousing puede aplicarse en contextos diversos, desde pymes hasta grandes plantas manufactureras, los resultados muestran variabilidad en función del nivel de automatización. En una curtiembre en Etiopía [21], con procesos manuales, lograron una mejora del 55.56% en la proporción de tiempo de valor agregado, mientras que en una empresa de calzados [20], en un entorno con semiautomatización, se reportó una reducción del 69.7% en el lead time. En contraste, en una empresa en Colombia. [25] se presentaron mejoras menores, como una reducción mensual de 98 horas en tiempo de picking, sin impacto significativo en indicadores estratégicos como WIP o productividad. Esto revela que la automatización no es condición suficiente, pero sí puede amplificar los resultados cuando se alinea con intervenciones lean correctamente diseñadas.

Esta revisión permite constatar que la aplicación estratégica de Lean Warehousing no solo aporta beneficios operativos en la gestión de almacenes, sino que también representa una herramienta clave para la toma de decisiones gerenciales en entornos manufactureros. La sistematización de evidencia reciente ofrece a investigadores y profesionales un marco de referencia útil para diseñar intervenciones logísticas adaptadas al tipo de empresa, al nivel tecnológico y a la naturaleza del problema. Además, los hallazgos refuerzan la necesidad de integrar la gestión de almacenes a los objetivos de mejora continua, fortaleciendo el vínculo entre teoría y práctica en el ámbito de la ingeniería industrial.

Por otro lado, a pesar de los aportes encontrados, esta revisión presenta algunas limitaciones. Así, la heterogeneidad metodológica dificulta comparaciones directas y agrupaciones cuantitativas de los resultados. Además, varios artículos no reportaron valores estadísticos comparables antes y después de la intervención, lo que restringió el análisis de impacto con mayor rigor. También, la disponibilidad geográfica, ya que predominaron estudios de Asia y América Latina, con escasa representación de contextos europeos o africanos.

Finalmente, es posible inferir que el éxito de la implementación de Lean Warehousing depende más de la calidad del diagnóstico y del diseño de intervención que de la herramienta en sí misma. Cuando la selección se basa en la comprensión del problema logístico y se ajusta a la capacidad operativa de la empresa, las mejoras tienden a ser sostenibles. Además, se presume que el impacto de estas herramientas podría amplificarse mediante su integración con tecnologías digitales emergentes o modelos de simulación avanzada, especialmente en contextos manufactureros en crecimiento.

V. CONCLUSIÓN

La presente revisión sistemática evidenció que las herramientas de Lean Warehousing aplicadas en empresas manufactureras permiten optimizar de manera efectiva la

gestión de almacenes, al reducir tiempos improductivos, mejorar la rotación de inventarios y aumentar el valor agregado en los procesos logísticos. Estas mejoras se potencian cuando las herramientas lean se aplican considerando el contexto operativo y las condiciones particulares de cada empresa manufacturera.

Los principales problemas que afectan la gestión de almacenes en este tipo de industrias están relacionados con la desorganización del layout, el exceso de inventario, costos elevados de almacenamiento y los tiempos de ciclo, elementos que generan ineficiencias que las metodologías lean buscan mitigar de forma estructurada.

Entre las herramientas más implementadas, destacan 5S/6S/7S y VSM. Su aplicación demuestra ser efectiva al facilitar la visualización de procesos, el orden operativo y el control del flujo de materiales. La elección y combinación adecuada de estas herramientas responde directamente al tipo de problema logístico enfrentado.

Las mejoras en el desempeño tras la implementación de Lean Warehousing se reflejan principalmente en indicadores como el tiempo de ciclo, la eficiencia de picking, el PCE, NVA y la reducción del inventario en proceso. Estos efectos fueron más notorios en empresas con cierto grado de madurez en su sistema de gestión operativa.

Las experiencias analizadas mostraron que Lean Warehousing es aplicable tanto en pymes como en empresas medianamente automatizadas, lo que evidencia su versatilidad. La magnitud de los beneficios alcanzados depende del compromiso organizacional y de la correcta adaptación metodológica al entorno.

Esta revisión sistemática contribuye a la literatura académica al integrar evidencia actualizada sobre la relación entre herramientas lean, problemas logísticos e indicadores de mejora en almacenes manufactureros, y ofrece un marco útil para el análisis comparativo de futuras intervenciones.

No obstante, la revisión estuvo limitada por la heterogeneidad metodológica entre los estudios seleccionados, la escasa estandarización en los indicadores reportados y una concentración geográfica en países en desarrollo, lo cual restringe la generalización de los hallazgos.

Para investigaciones futuras se sugiere explorar análisis sectoriales más amplios, evaluaciones longitudinales de sostenibilidad y la integración de Lean Warehousing con tecnologías emergentes como IoT, analítica avanzada e inteligencia artificial para profundizar en su impacto.

REFERENCIAS.

- [1] M. K. Osman, E. Mohamad, N. Kamarudin, and A. A. Rahman, “Warehouse operations optimisation through the implementation of lean methodology: A comprehensive review,” *Multidisciplinary Reviews*, vol. 8, no. 4, 2025, doi: 10.31893/multirev.2025110.
- [2] E. A. R. Bernardo-Saavedra, M. A. Carpio-Najera, and J. C. Quiroz-Flores, “Production Management Model Based on SLP, 5S, and Standardized Work Tools to Increase OTIF Rate in a Shoe Repair Shop,” in *ACM International Conference Proceeding Series*, [3] Association for Computing Machinery, 2023, pp. 181–188. doi: 10.1145/3625469.3625511.
- [4] P. Raghuram and M. K. Arjunan, “Design framework for a lean warehouse – a case study-based approach,” *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 71, no. 6, pp. 2410–2431, 2022, doi: 10.1108/IJPPM-12-2020-0668.
- [5] M. Vasquez-Quispe, A. Calcina-Flores, J. C. Quiroz-Flores, and M. Collao-Díaz, “Implementing Lean Warehousing model to increase on time and in full of an SME commercial company: A research in Peru,” in *ACM International Conference Proceeding Series*, 2023, pp. 60–65. doi: 10.1145/3587889.3587899.
- [6] J. Gu, M. Goetschalckx, and L. F. McGinnis, “Research on warehouse operation: A comprehensive review,” *Eur J Oper Res*, vol. 177, no. 1, pp. 1–21, 2007, doi: 10.1016/j.ejor.2006.02.025.
- [7] R. de Koster, T. Le-Duc, and K. J. Roodbergen, “Design and control of warehouse order picking: A literature review,” *Eur J Oper Res*, vol. 182, no. 2, pp. 481–501, 2007, doi: 10.1016/j.ejor.2006.07.009.
- [8] G. Kovács, “Layout design for efficiency improvement and cost reduction,” *Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences*, vol. 67, no. 3, pp. 547–555, 2019, doi: 10.24425/bpasts.2019.129653.
- [9] K. A. Bonilla-Ramírez, P. Marcos-Palacios, J. C. Quiroz-Flores, E. D. Ramos-Palomino, and J. C. Alvarez-Merino, “Implementation of Lean Warehousing to Reduce the Level of Returns in a Distribution Company,” in *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2019, pp. 886–890. doi: 10.1109/IEEM44572.2019.8978755.
- [10] B. Baby, N. Prasanth, and D. S. Jebadurai, “Implementation of lean principles to improve the operations of a sales warehouse in the manufacturing industry,” *International Journal of Technology*, vol. 9, no. 1, pp. 46–54, 2018, doi: 10.14716/ijtech.v9i1.1161.
- [11] A. Johnson, S. Prasad, and A. K. Sharma, “Manufacturing lead time reduction in a scaffold making industry using lean manufacturing techniques - A case study,” *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, vol. 8, no. 2, pp. 137–148, 2017, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85018689819&partnerID=40&md5=7b808421a488fbc0c496ec54168f14ea>
- [12] J. Johny and M. Thenarasu, “Productivity enhancement in A pressure vessel manufacturing industry using lean principles,” *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, vol. 8, no. 8, pp. 3272–3279, 2019, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85068932869&partnerID=40&md5=8360d532bd33fde22f3114ebb4ea44>
- [13] A. Aguilar-Paz, J. Bellido-Yarlque, J. C. Quiroz-Flores, and S. Nallusamy, “A Proposed Model for Inventory Management to Minimize the Rate of Raw Materials Tied up of Textile Industry with Lean Engineering Tools,” *SSRG International Journal of Mechanical Engineering*, vol. 10, no. 8, pp. 11–20, 2023, doi: 10.14445/23488360/IJME-V10I8P102.
- [14] M. A. S. Mia, M. Nur-E-Alam, and M. K. Uddin, “Court shoe production line: Improvement of process cycle efficiency by using lean tools,” *Leather and Footwear Journal*, vol. 17, no. 3, pp. 135–146, 2017, doi: 10.24264/lfj.17.3.3.
- [15] A. Abideen and F. B. Mohamad, “Improving the performance of a Malaysian pharmaceutical warehouse supply chain by integrating value stream mapping and discrete event simulation,” *Journal of Modelling in Management*, vol. 16, no. 1, pp. 70–102, 2021, doi: 10.1108/JM2-07-2019-0159.
- [16] Q. Liu and H. Yang, “An improved value stream mapping to prioritize lean optimization scenarios using simulation and multiple-attribute decision-making method,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 204914–204930, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3037660.
- [17] J. C. Chen, C.-H. Cheng, P. B. Huang, K.-J. Wang, C.-J. Huang, and T.-C. Ting, “Warehouse management with lean and RFID application: A case study,” *International Journal of Advanced*

- Manufacturing Technology*, vol. 69, no. 1–4, pp. 531–542, 2013, doi: 10.1007/s00170-013-5016-8.
- [17] F. Z. Ben Moussa, R. De Guio, S. Dubois, I. Rasovska, and R. Benmoussa, “Study of an innovative method based on complementarity between ARIZ, lean management and discrete event simulation for solving warehousing problems,” *Comput Ind Eng*, vol. 132, pp. 124–140, 2019, doi: 10.1016/j.cie.2019.04.024.
- [18] E. Michlowicz, “METHODOLOGY OF EVALUATING FINISHED GOODS WAREHOUSE PERFORMANCE THROUGH LEAN METHODS,” *Archives of Transport*, vol. 70, no. 2, pp. 43–64, 2024, doi: 10.61089/aut2024.s9sq9q75.
- [19] B. V Chowdary and D. George, “Application of flexible lean tools for restructuring of manufacturing operations: A case study,” *Global Journal of Flexible Systems Management*, vol. 12, no. 1–2, pp. 1–8, 2011, doi: 10.1007/BF03396595.
- [20] H. Reda and A. Dvivedi, “Decision-making on the selection of lean tools using fuzzy QFD and FMEA approach in the manufacturing industry,” *Expert Syst Appl*, vol. 192, 2022, doi: 10.1016/j.eswa.2021.116416.
- [21] W. W. Woldemicael, E. Berhan, D. Kitaw, and G. Tesfaye, “Enhancing operation efficiency of leather manufacturing industry through hybrid of value stream mapping and discrete event simulation,” *Cogent Eng*, vol. 11, no. 1, 2024, doi: 10.1080/23311916.2024.2375423.
- [22] P. Chaitien and S. Ramingwong, “Enhancing Warehouse Management Efficiency for Precast Concrete Product Business,” *Science and Technology Asia*, vol. 29, no. 2, pp. 19–31, 2024, [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85197944856&partnerID=40&md5=da5da0db63b0761bca365a2edf3ca864>
- [23] N. T. Nguyen, T. T. B. C. Vo, P. H. Le, and C.-N. Wang, “Improving Inventory Time in Production Line through Value Stream Mapping: A Case Study,” *Journal of Engineering Science and Technology Review*, vol. 16, no. 1, pp. 33–43, 2023, doi: 10.25103/jestr.161.05.
- [24] A. Y. Alqahtani, “Improving order-picking response time at retail warehouse: a case of sugar company,” *SN Appl Sci*, vol. 5, no. 1, 2023, doi: 10.1007/s42452-022-05230-6.
- [25] J. C. Duque-Jaramillo, J. M. Cogollo-Florez, C. G. Gómez-Marín, and A. A. Correa-Espinal, “Warehouse Management Optimization Using A Sorting-Based Slotting Approach,” *Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 17, no. 1, pp. 133–150, 2024, doi: 10.3926/jiem.5661.