

Impact of Slotting on the Supply Chain for Warehouse Management: A Systematic Review

Sandy E. Castillo¹ , Jesus M. Cruz² , Antonio Malpartida³ , and William C. Algoner⁴ 
^{1, 2, 3, 4}Universidad Tecnológica del Perú (UTP), Facultad de Ingeniería Industrial, Lima- Perú,
U22248444@utp.edu.pe, U18301400@utp.edu.pe, amalpartid@utp.edu.pe, walgoner@utp.edu.pe

Abstract – *This systematic literature review aimed to analyze the slotting methodology's impact on warehouse and supply chain management. Next, the PICO method was introduced; to accurately characterize the constituent elements of a scientific literature review question and recognize the keywords, it is necessary to fragment the components into PIOC. This means that the aspects of the review question must be separated into Population, Intervention, Outcomes, and Comparison because our literature is aimed at the engineering branch. In general, 5723 studies were found; the methods followed the PRISMA methodology, using predefined keywords in the PIOC to search academic databases and applying inclusion/exclusion criteria to filter relevant studies. 25 documents were analyzed in depth, addressing 4 research questions about the benefits, methods, and restrictions of slotting. The results indicated that slotting reduces order preparation times by 15-30% when well implemented, assigning high-moving products in easily accessible locations. In addition, it improves the use of space in the warehouse or Distribution Center (DC), the accuracy of inventories, and the speed of response to changing market demands. In conclusion, the evidence positioned slotting as a high-impact strategy for efficiently storing and distributing logistics operations. More research would be required on the implementation of slotting considering real space, budget and personnel constraints, and its integration with new automation technologies. Incorporating these factors would enhance the demonstrated theoretical benefits of this methodology in practice.*

Keywords— *Slotting, Warehouse Management, Supply Chain, Warehouse, Distribution Center.*

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Impacto del Slotting en la Cadena de Suministros para la Gestión de Almacenes: Una Revisión Sistemática

Sandy E. Castillo¹, Jesus M. Cruz², Antonio Malpartida³, and William C. Algoner⁴
^{1, 2, 3, 4}Universidad Tecnológica del Perú (UTP), Facultad de Ingeniería Industrial, Lima- Perú,
U22248444@utp.edu.pe, U18301400@utp.edu.pe, amalpartid@utp.edu.pe, walgoner@utp.edu.pe

Resumen – La presente revisión sistemática de literatura tuvo como objetivo analizar el impacto de la metodología de slotting en la gestión de almacenes y cadenas de suministro. A continuación, se introdujo el método PICO, con el fin de caracterizar con precisión los elementos constitutivos de una pregunta de revisión de literatura científica y reconocer las palabras clave, es necesario fragmentar los componentes en PIOC. Esto quiere decir que los elementos de la pregunta de revisión deben separarse en Población, Intervención, Resultados (Outcomes) y Comparación, debido a que nuestra literatura está dirigido a la rama de la ingeniería. En general, se encontraron 5723 estudios, los métodos empleados siguieron la metodología PRISMA, utilizando palabras clave predefinidas en el PIOC para la búsqueda en bases de datos académicas y aplicando criterios de inclusión/exclusión para filtrar los estudios relevantes. Se analizaron 25 documentos en profundidad, abordando 4 preguntas de investigación sobre los beneficios, métodos y restricciones del slotting. Los resultados indicaron que el slotting, cuando está bien implementado, reduce los tiempos de preparación de pedidos entre un 15-30%, al asignar productos de alta rotación en ubicaciones de fácil acceso. Además, mejora la utilización del espacio en almacén o Centro de Distribución (CD), la precisión de los inventarios, y la velocidad de respuesta ante demandas del mercado cambiantes. En conclusión, la evidencia posicionó al slotting como una estrategia de alto impacto en la eficiencia de las operaciones logísticas de almacenamiento y distribución. Se requeriría más investigación sobre implementación del slotting considerando restricciones reales de espacio, presupuesto y personal, así como su integración con nuevas tecnologías de automatización. Incorporar estos factores potenciaría los beneficios teóricos demostrados de esta metodología en la práctica.

Keywords— Slotting, Gestión de Almacenes, Cadena de Suministros, almacén, Centro de Distribución.

I. INTRODUCCIÓN

En la era moderna de los negocios, la SCM (Supply Chain Management) se ha convertido en un pilar fundamental para el desempeño eficiente de las organizaciones, puesto a que ello comprende gestionar los principales procesos de la organización[1]. Un eslabón que comprende la cadena de suministros es la gestión de almacenes, es un componente crucial para el éxito de las operaciones logísticas y la satisfacción del cliente. En este contexto, dos actividades fundamentales que desempeñan un papel significativo son el

picking y el slotting [2], [3]. El proceso de picking se refiere a la selección y recolección de productos específicos de una ubicación para satisfacer pedidos de clientes, mientras que el slotting se ocupa de la asignación estratégica de productos para maximizar la eficiencia operativa. Ambos aspectos están estrechamente interconectados y tienen un impacto directo en la productividad, la precisión en el cumplimiento de pedidos y la optimización de recursos en la gestión de almacenes. En esta revisión, exploraremos a fondo el picking y el slotting, analizando sus prácticas, desafíos, beneficios, y evaluaremos cómo su implementación efectiva puede transformar la gestión de almacenes, mejorando la agilidad y la capacidad de respuesta en un entorno empresarial cada vez más dinámico y competitivo[4], [5].

En este contexto, uno de los desafíos más indispensables se encuentra en el ámbito de los almacenes, que desempeñan un papel central en la conexión entre la producción y la distribución de bienes. Sorprendentemente, las actividades cotidianas de abastecimiento, acomodo y picking pueden representar una porción significativa, que oscila entre el 55% y el 65%, de los costos totales de operación logística [2], [3], [6]. Por lo tanto, cualquier mejora en estos procesos podría tener un impacto directo en la reducción de los costos operativos y, en última instancia, en la disminución del costo logístico total. Asimismo, la optimización de las operaciones de almacén no solo tiene un impacto financiero positivo, sino que, también repercute en las métricas de desempeño de todas las áreas involucradas en la satisfacción del cliente. Este efecto de mejora no solo aumenta la competitividad de las organizaciones, sino que también contribuye al fortalecimiento y desarrollo de toda la cadena de suministro.

La presente revisión sistemática busca reconocer la importancia de la implementación del slotting la gestión de los almacenes, ya que es vital para reducir los costos de operación y mejorar el desempeño de la SCM. Actualmente, existen pocos estudios que aborden de manera exhaustiva los modelos y metodologías utilizados en la optimización de estas actividades. Es por ello por lo que se pretende realizar una investigación minuciosa, la cual sirva de apoyo al buscar alternativas que propongan oportunidades de mejora y tendencias de investigación en este campo. A través de los autores de este artículo, se espera emplear la metodología de slotting para

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

optimizar la distribución y ubicación de productos en gestión de almacenes. Esto minimiza los tiempos de desplazamiento y maximiza el uso del espacio, Su flexibilidad se adapta a cambios en la demanda y diseño del almacén. Esencial para mejorar la eficiencia, reducir costos, este proceso conduce a ahorros significativos en el costo logístico total y fortalece la cadena de suministro, fundamental en la competitividad empresarial actual.

En consecuencia, el presente documento está estructurado de la siguiente manera. La sección 2, Metodología, se expone el método utilizado para la RSL sobre slotting en la gestión de almacenes, detallando los aspectos técnicos desde las preguntas de investigación planteadas hasta las operaciones que conducen a la selección del material discutido en el documento. La sección 3, Resultados, presenta y organiza los resultados obtenidos luego del análisis de los trabajos primarios sobre slotting de acuerdo con una perspectiva basada en modelos que integran diferentes métodos y enfoques. En la sección 4, Discusión, se plantea la discusión sobre las fuentes y los estudios seleccionados con una visión general del estado del arte del slotting en la gestión de almacenes, ofreciendo algunos criterios de interpretación sobre el estado actual, beneficios y limitaciones. Por último, en la sección 5, Conclusiones, se sintetizan los principales resultados y las limitaciones de este estudio de RSL sobre slotting, con una indicación de la orientación para futuros trabajos de investigación sobre la materia.

II. METODOLOGIA

El método PIOC fue aplicado en la siguiente investigación, con el propósito de definir claramente la población de estudio, la intervención, la comparación y los resultados en relación con un tema específico. Esta metodología resulta esencial al llevar a cabo una revisión sistemática, ya que permite formular una pregunta de búsqueda precisa y así recopilar estudios pertinentes para la investigación.

En la búsqueda de información más detallada sobre el tema de investigación, se planteó la siguiente pregunta: "¿Cómo impacta la metodología de Slotting en la cadena de suministros para la gestión eficiente de almacenes?" En este contexto, el primer componente del problema/población según el método PIOC, fue la aplicación de la metodología de Slotting. Esta se



Fig. 1 Fases del proyecto de investigación.

consideró como el aspecto central de la investigación, específicamente en el ámbito de la gestión de almacenes.

Pregunta Principal

QP: ¿Cómo la aplicación del Slotting en la gestión de almacenes (I) ayuda a asignar las ubicaciones estratégicamente (P) para incrementar la productividad y eficiencia (O), y cómo se diferencia su aplicación en otros sectores económicos (C)?

A continuación, en la tabla 1 se detallarán las palabras clave correspondientes a cada uno de los componentes para facilitar la búsqueda y selección de estudios relacionados.

Tabla 1 Metodo PIOC

P Problema	RQ1: ¿Cómo impacta el Slotting en la cadena de suministros para la gestión eficiente de almacenes?	Warehouse Or Storage Or "Warehouse Management" Or "Supply Chain Management" Or "Supply Chain"
I Intervención	RQ2: ¿Qué tipos de metodos de Slotting se han investigado en la gestión de almacenes?	Slotting OR Retrieve OR Picking OR "Order Picking" OR Methodologies
O Resultados	RQ3: ¿Qué beneficios se han obtenido al aplicarse el Slotting?	Efficiency OR Productivity OR "Reduce Costs" OR improvement
C Comparación	RQ4: ¿Qué restricciones se han presentado en la gestión de almacenes en comparación de otros sectores?	Logistic OR Logistics OR "Distribuion Center"

Para la búsqueda y recuperación de información en las bases de datos Scopus, ScienceDirect, Scielo, se empleó el operador booleano OR junto con los paréntesis (""). Luego, se aplicó la metodología PRISMA utilizando un diagrama de flujo para llevar a cabo el proceso de selección y filtración de los estudios.

Ecuación de búsqueda

La ecuación de búsqueda para Scopus, IEEE y Scielo se aplicó términos claves y operadores booleanos utilizados para encontrar artículos relevantes en la base de datos.

P: (Warehouse OR Storage OR "Warehouse Management" OR "Suply Chain Management" OR "Supply Chain")

I: (Slotting OR Retrieve OR Picking OR "Order Picking" OR "Methodologies")

O: (Efficiency OR productivity OR "Reduce Costs" OR Improvement)

C: (logistic OR logistics OR "Distribution Center")

Ecuación de búsqueda (ScienceDirect)

La ecuación de búsqueda en ScienceDirect, se aplicó máximo 8 palabras claves de combinación relacionadas con el tema de estudio, utilizando operadores booleanos como "AND", "OR" y "NOT" para refinar los resultados teniendo como resultado artículos relevantes y actualizados.

P:("Warehouse" OR "Supply Chain") I:AND (Slotting OR Picking) O: AND (Efficiency OR Productivity) C: AND (Logistic OR "Distribution Center")

Búsqueda Sistemática Prisma.

En este proceso de búsqueda sistemática, siguiendo las directrices de PRISMA, es un proceso riguroso y organizado para identificar y seleccionar estudios relevantes que aborden una pregunta de investigación específica. Se basa en estrategias de búsqueda específicas y criterios de inclusión/exclusión para garantizar la exhaustividad y la relevancia de los estudios incluidos en una revisión sistemática o metaanálisis [7].

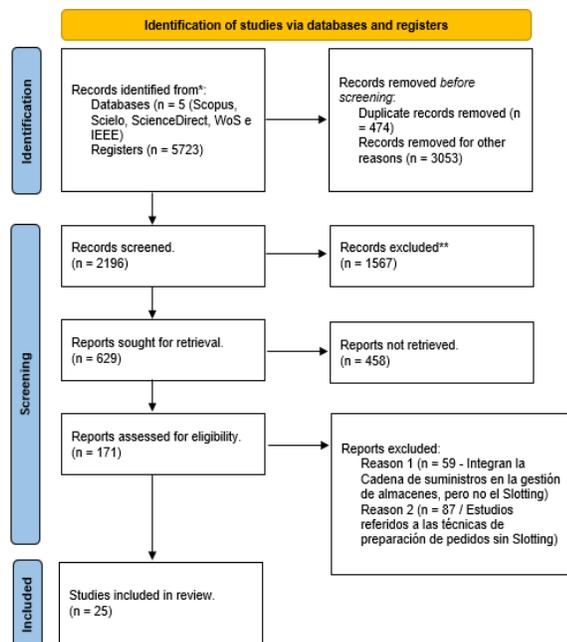


Fig. 2 Diagrama de Flujo Prisma.

Se aplicó la ecuación de búsqueda en las siguientes bases de datos, se obtuvieron total de artículos encontrados Scopus 691 artículos, 1100 en Scielo, 1,107 en ScienceDirect, 909 en Web of Science y 1916 en IEEE, sumando 5723 resultados en total.

Criterios de Inclusión y Criterios de Exclusión.

Los Criterios de Inclusión (CI) son pautas utilizadas en investigaciones para determinar qué elementos o estudios deben ser considerados en el análisis. Por otro lado, los Criterios de Exclusión (CE) establecen las condiciones bajo las cuales ciertos elementos o estudios deben ser descartados del análisis. Estos criterios son fundamentales para mantener la relevancia y calidad de la investigación.

Criterios de Inclusión (CI):

- Estudios que consideran la aplicación del slotting en la gestión de almacenes.
- Estudios que brindan las técnicas de aplicación del slotting en almacenes o centros de distribución.

Criterios de Exclusión (CE):

- Investigaciones que no abordan la gestión de almacenes con el uso del slotting.
- Estudios que no proporcionan técnicas o enfoques aplicables al slotting en almacenes o centros de distribución.
- Estudios de Investigaciones que se circunscriben únicamente al período de tiempo específico seleccionado en las bases de datos pertinentes.
- Se excluyen documentos que no estén publicados en inglés o español.
- Se excluyen documentos que no estén en un rango de 10 años de publicación.

Finalmente, luego de aplicar rigurosamente los criterios de selección, se excluyeron un total de 5698 artículos. Al concluir este proceso, se obtuvieron 25 artículos que serán parte integral de la revisión sistemática (RSL). Este proceso meticuloso y secuencial asegura la calidad y relevancia de los documentos incluidos en el análisis, proporcionando una base sólida para el estudio en cuestión.

III RESULTADOS

Después de realizar las preguntas de investigación con la técnica PIOC, e incluir nuestros criterios de inclusión y exclusión, se buscó los artículos en la base de datos mencionadas anteriormente. Así mismo, se usó la declaración PRISMA para seleccionar los artículos más convenientes, dejándonos con el resultado de 25 artículos, que nos brindaran asistencia con nuestro tema de interés. De lo anterior, los artículos que se han considerado tienen aspectos enfocados en la cadena de suministros, gestión de almacenes, picking y Slotting.

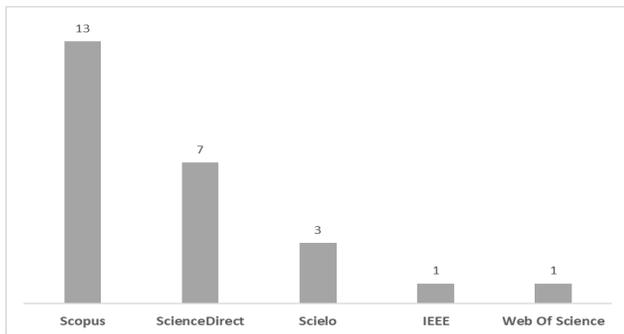


Fig. 3 Cantidad de artículos por base de datos.

Como podemos observar en la Figura 3, Scopus fue la base de datos donde más artículos logramos encontrar y que sean de acceso abierto, siguiendo ScienceDirect, Scielo, IEEE y Web of Science, así mismo, de los 25 artículos se encontraron la misma cantidad comparado con las revistas donde fueron publicadas.

También, se pudo clasificar el País de los artículos seleccionados Figura 4, siendo Colombia el País con más artículos 5, Estados Unidos con 3, Italia, Arabia Saudita, Chile, Polonia con 2, y Corea, Perú, Panamá, República Checa, China, Sudáfrica, Argentina, Alemania e Indonesia 1.



Fig. 4 Países con cantidad de artículos

Las publicaciones por año de acuerdo con los criterios de exclusión que señalamos anteriormente, lo podemos visualizar en la figura 5, mostrando que los artículos para nuestra revisión son actualizados.

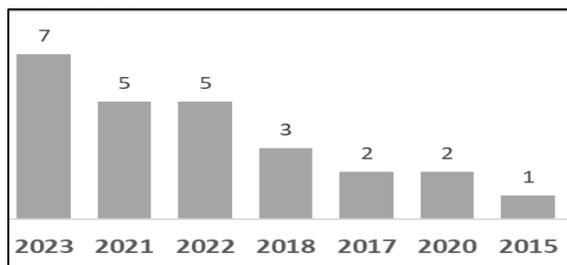


Fig. 5 Artículos publicados por año.

El slotting puede ser aplicado en diversos sectores como el aeronáutico, náutico, salud, manufacturas y otros [3], [8]. En la tabla 2, se muestra el sector y el contexto de esta metodología.

Sin embargo, para el presente documento nosotros nos basaremos en la aplicación del slotting en la gestión de almacenes.

Tabla II. Slotting aplicado en otros sectores

Sector	Contexto
Náutico	La aplicación de slotting y picking en puertos marítimos, similar a la industria aeronáutica, destaca por gestionar la recogida y almacenamiento de contenedores, con similitudes a la industria manufacturera en términos de operaciones y volúmenes.
Aeronáutico	La aplicación de slotting en la industria aeronáutica abarca la coordinación eficiente de pistas y estacionamientos, considerando factores climáticos, y la asignación estratégica de espacios para aviones y equipaje, optimizando operaciones y tiempos.
Salud	En un hospital, la aplicación indirecta de slotting se centra en la distribución de áreas como hospitalización y cuidados intensivos para atender a personas. Se adopta una metodología directa según necesidades y luego una distribución aleatoria basada en disponibilidad de ubicación.

RQ1: ¿Cómo impacta el slotting en la cadena de suministros para la gestión eficiente de almacenes?

En la gestión de almacenes, el slotting se erige como una estrategia fundamental para optimizar las operaciones y maximizar la eficiencia del espacio disponible [9]. Este enfoque va más allá de la organización, abordando la asignación estratégica de ubicaciones para productos según diversos criterios.

En última instancia, una estrategia de slotting bien implementada no solo organiza el almacén de manera efectiva, sino que también se traduce en una gestión logística más ágil y rentable. Minimiza costos operativos, acelera los procesos, mejora el ambiente laboral, disminuye la fatiga y el riesgo disergonómico en el trabajador, y contribuye a una cadena de suministro más eficiente y orientada al cliente [6], [9]–[11].

La frecuencia de rotación, tamaño y demanda se consideran meticulosamente en este proceso [12]–[14].

Al asignar áreas de fácil acceso a productos de alta rotación, el slotting reduce significativamente los tiempos de picking, mejorando la eficiencia operativa. Además, la

agrupación inteligente de productos similares o que se suelen pedir juntos facilita la preparación de pedidos, minimizando el tiempo de búsqueda y optimizando la precisión en la recolección [2], [15].

La zonificación del almacén es otro componente clave del slotting, dividiendo el espacio en áreas específicas y asignando productos según su naturaleza. Esta práctica simplifica la gestión y el seguimiento, permitiendo un control más preciso de las existencias [5], [16].

La flexibilidad del slotting se manifiesta en su capacidad para adaptarse a cambios estacionales y fluctuaciones en la demanda del mercado. Ajustar la ubicación de productos según las variaciones temporales mejora la capacidad de respuesta del almacén a las necesidades cambiantes [17], [18].

En última instancia, una estrategia de slotting bien implementada no solo organiza el almacén de manera efectiva, sino que también se traduce en una gestión logística más ágil y rentable. Minimiza costos operativos, acelera los procesos, mejora el ambiente laboral, disminuye la fatiga y el riesgo disergonómico en el trabajador, y contribuye a una cadena de suministro más eficiente y orientada al cliente [6], [9]–[11].

RQ2: ¿Qué tipos de métodos de slotting se mencionan para gestión de almacenes?

La aplicación del slotting en la gestión de almacenes puede llevar diferentes etapas donde los autores no logran coincidir, no obstante, sugerimos que se pueda usar la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar), es una técnica Lean que se usa para proyectos, sin embargo, no es exclusivo para estos, con esta metodología abarcaremos de una manera integral, sin dejar de lado las distintas características del tipo de producto que se maneja en el centro de distribución o almacén. Los métodos de slotting se pueden clasificar en lo siguiente:

- **Estático:** Se asignan a artículos en ubicaciones fijas y se mantienen por un largo periodo de tiempo.
- **Dinámico:** La ubicación de los productos se renueva regularmente según la frecuencia de rotación, demanda y volumen de mercadería.
- **Por Zonas:** Se dividen según las características del producto, frecuencia de rotación, fecha de vencimiento, compatibilidad de producto, etc.
- **Otros:** Estas pueden conllevar la aplicación de vehículos autónomos o AGV (Automated Guided Vehicles) o sistemas de almacenamiento automatizados de la industria 4.0

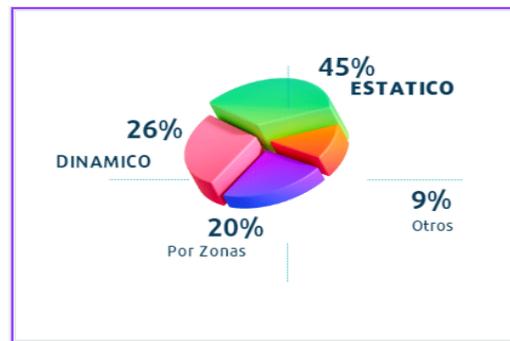


Fig. 6 Métodos de Slotting con % de utilización en la gestión de almacenes.

RQ3 ¿Qué beneficios se han obtenido al aplicarse el slotting?

Cabe mencionar, que el slotting ejerce una influencia crucial en varias actividades logísticas, optimizando el rendimiento general del sistema. En el ámbito del almacenamiento, la aplicación efectiva del slotting se traduce en una asignación estratégica de productos, considerando factores como la rotación y la demanda. Este enfoque optimiza el uso del espacio disponible, aumentando la eficiencia y permitiendo una mayor capacidad de almacenamiento. En las operaciones de picking, el slotting tiene un impacto directo en la velocidad y precisión del proceso. Al asignar ubicaciones preferenciales a productos de alta rotación en áreas de fácil acceso, se reducen drásticamente los tiempos de búsqueda, agilizando la preparación de pedidos y mejorando la exactitud en la recolección. Los beneficios del slotting se extienden a las actividades de conteos cíclicos. La organización lógica de productos facilita la realización de verificaciones regulares de inventario, minimizando errores y garantizando una gestión precisa de las existencias, lo que es esencial para mantener la integridad de la cadena de suministro. En el ámbito del abastecimiento, el slotting contribuye a una reposición más eficiente. Al ubicar estratégicamente los productos, se optimiza el proceso de reabastecimiento, asegurando una respuesta ágil a las demandas del mercado y una cadena de suministro más eficaz en su conjunto [6], [10], [11], [19]–[25].

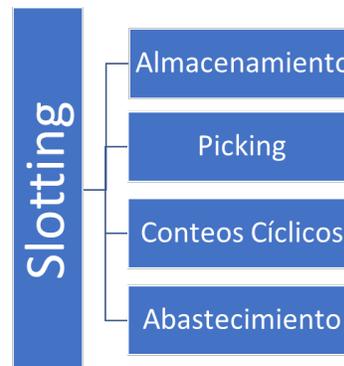


Fig. 7 El slotting y su influencia en la gestión de almacenes.

En conclusión, el slotting emerge como una herramienta multifacética que potencia indirectamente diversas operaciones en la gestión de almacenes. Su capacidad para mejorar la eficiencia, precisión y capacidad de respuesta en actividades como almacenamiento, picking, conteos cíclicos y abastecimiento lo posiciona como un componente esencial para una gestión logística efectiva y orientada al éxito empresarial. Como se ha mencionado anteriormente, podemos resumir según la revisión de los artículos, los beneficios que se derivan de la aplicación del slotting en la figura 7.

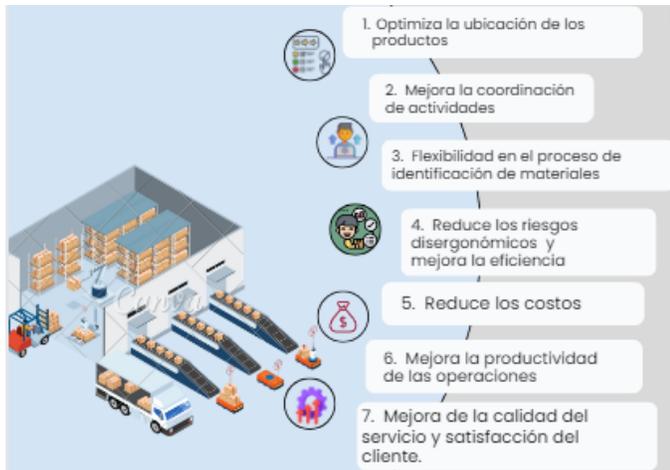


Fig. 8 Beneficios de aplicarse el Slotting

RQ4: ¿Qué restricciones se han presentado en la gestión de almacenes en comparación de otros sectores?

Finalmente, podemos encontrar ciertas restricciones al momento de aplicar el slotting en la gestión de almacenes, estas pueden conllevar un problema a largo plazo si no se toman en cuenta al momento de la implementación [3], [8]–[10], [20], [26], entre ellas tenemos:

- **Espacios disponibles:** Debemos de planificar el espacio disponible del almacén o centro de distribución en contraste con los artículos que tenemos en existencia.
- **Procesos no estandarizados:** Los procesos necesitan estandarización, conlleva que los empleados tengan conocimiento, de cómo se deben realizar las actividades referidas al slotting.
- **Costos de implementación:** La implementación del spotting suele ser costosa ya que existen costos asociados debido a los movimientos entre ubicaciones, como mano de obra y uso de apiladores, montacargas, escaleras y en ocasiones arriesgarse a la pérdida de un producto debido a la mala manipulación.
- **Infraestructura tecnológica deficiente:** No contar un buen Software de Gestión de Almacenes o WMS, para realizar las consultas, actualizaciones u otros, suele ser más complicado la implementación de slotting.

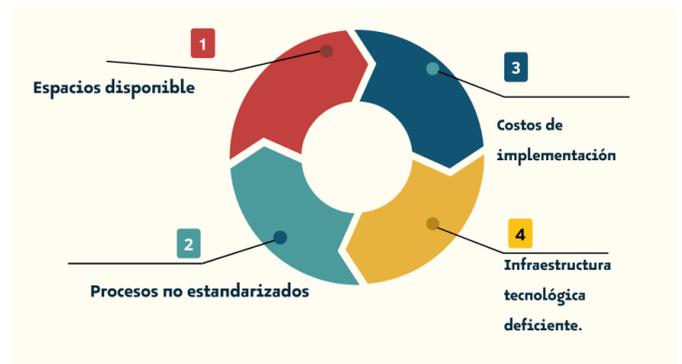


Fig. 9 Principales restricciones al aplicar el Slotting

IV DISCUSIONES

Los resultados analizados en esta revisión sistemática proveen información sobre el impacto y consideraciones del uso de estrategias de slotting en la gestión de almacenes. Los principales hallazgos de esta revisión sistemática de literatura apuntan a que el uso de estrategias optimizadas de slotting permite reducir sustancialmente los tiempos de picking y recorrido en almacenes, incrementando la productividad.

RQ1. En promedio, los estudios encontraron ahorros de entre el 15% y 30% en estos tiempos de preparación de pedidos luego de implementar mejoras en los rayos de almacenamiento a través de reglas de slotting bien diseñadas. Estos resultados son de alta relevancia práctica para las operaciones de almacenes, dado los tiempos de preparación de pedidos impactan directamente en indicadores claves como los niveles de servicio y los costos operativos. El poder reducir estos tiempos a través de iniciativas de mejora de procesos internos, y no mediante inversiones de capital intensivas, es altamente valioso para este sector industrial. Nuestros hallazgos están en línea con los resultados, que también encontraron tiempos de picking/recorrido más eficientes en almacenes con sistemas de slotting implementados [3], [6], [8], [9]. Un resultado que llamó la atención fue que, en algunos layouts de almacén muy compactos, la implementación de Slotting no solo no mejoraba, sino que llegaba a empeorar levemente los tiempos de preparación. Este resultado podría deberse a que, en pasillos muy angostos, el aumento en densidad de ítems provoca congestión y dificultad para los movimientos de los operarios. Se requieren más estudios para analizar ese fenómeno.

RQ2. Los principales hallazgos encontrados con respecto a la pregunta de investigación, dentro de la literatura revisada posicionan al slotting como una estrategia de alto impacto para optimización de operaciones y el aprovechamiento de los espacios en el almacén o centro de distribución. La RSL permite identificar la necesidad de un marco integral estandarizado para su aplicación, considerando las condiciones particulares de cada organización[15], [16], [20]. La metodología DMAIC se plantea como una alternativa sistemática para desplegar proyectos de slotting desde un enfoque adaptable al contexto. Asimismo, establecer cual estrategia de slotting (estático,

dinámico, por zonas, otros), utilizar según tipo de almacén, productos y recursos, potenciará los resultados y evitará implementaciones parciales que no alcance todo el potencial.

RQ3. Los estudios de la RSL permiten validar al slotting como una estrategia de organización con impactos positivos en diversos procesos logísticos, mejorando métricas cruciales como productividad, eficiencia, precisión y tiempos de respuesta. Los hallazgos que encontramos bajo esta pregunta de investigación son:

- El slotting ejerce una influencia crucial en múltiples actividades logísticas, optimizando el desempeño global en almacenes o centros de distribución.
- En almacenamiento, el slotting permite asignar productos considerando rotación y demanda, maximizando la eficiencia y la capacidad.
- En Picking, el slotting mediante la ubicación preferente de referencias de alta rotación reduce los tiempos de búsqueda y mejora precisión.
- En conteos cíclicos, el slotting facilita los inventarios al organizar lógicamente los productos, minimizando errores.
- En abastecimiento, el slotting optimiza la reposición de productos y la respuesta ante las demandas del mercado.

RQ4. Si bien la evidencia respalda fuertemente los beneficios del slotting en almacenes, la investigación aún es limitada respecto a guías o recomendaciones prácticas para abordar o mitigar estos posibles desafíos. Se requieren más estudios que exploren estrategias para una implementación exitosa de slotting considerando restricciones reales de espacio, presupuesto, personal, sistemas, etc. Esto permitirá traducir más fácilmente los beneficios teóricos a resultados concretos en diversas organizaciones.

- La literatura identifica algunas limitaciones o barreras que pueden presentarse en la implementación de slotting, relacionadas con espacio, estandarización, costos e infraestructura tecnológica.
- Estos factores restrictivos, de no gestionarse adecuadamente, pueden llegar a comprometer la efectividad de la estrategia o las mejoras buscadas.

En conclusión, integrar la discusión de limitaciones y estrategias de implementación robustas bajo restricciones, potenciará aún más el valor de futuras investigaciones sobre el impacto del slotting en el desempeño de almacenes. Asimismo, se requiere investigación adicional para cuantificar y modelar con más detalle estas relaciones causales entre la aplicación de slotting y el desempeño logístico integral. Esto aportaría un soporte más robusto para la incorporación de esta estrategia en la gestión de almacenes. Esta revisión solo analiza literatura de los últimos 10 años, por lo que no representa todos los hallazgos históricos. También se podrían analizar casos de aplicación real en empresas para comparar con los datos de los estudios teóricos y de simulación. Finalmente, se propone investigar con más profundidad los factores de layout que podrían neutralizar o revertir los beneficios del slotting antes mencionados.

De acuerdo con los resultados expuestos se llega a la conclusión que este modelo basado en datos ofrece una ventaja competitiva en distintos sectores como manufactura, salud y servicios. Destaca el impacto del slotting en la gestión de almacenes y cadenas de suministro, beneficiando a empresas con alta rotación e interés en despachos rápidos, típicas en sectores minoristas, logísticos y de distribución.

El aumento de demanda impulsa la necesidad de competitividad, donde el slotting, por su bajo costo y beneficios, emerge como alternativa. Los métodos más eficientes de slotting son el estático, dinámico y por zonas, donde respectivamente alcanzaron 45%, 26% y 20% en porcentaje de utilización. La técnica más eficiente, aunque no es la que actualmente tiene mayor porcentaje de participación es el dinámico, debido a que se logra clasificar la mercadería según la rotación del producto y ordenar en almacén en la zona más cercana al despacho, donde podemos alcanzar un aumento de la productividad que oscila entre 15-30%, con respecto a otros.

Por lo tanto, se recomienda investigar integralmente la logística en la cadena de suministro, centrándose en la optimización del espacio de almacenamiento con análisis prácticos de rotación de inventario, patrones de demanda y eficiencia de picking. Explorar el impacto del machine learning en estrategias de slotting adaptadas a entornos dinámicos de almacenes. Se carece de estudios detallados sobre la implementación práctica y desafíos al adaptar estrategias de slotting a entornos cambiantes con variabilidad estacional y demanda fluctuante. Se necesita una mayor exploración de soluciones integrales que fusionen tecnologías emergentes con métodos tradicionales para optimizar el espacio de almacenamiento eficientemente.

REFERENCIAS

- [1] A. Lorenc and A. Burinskiene, "Improve the Orders Picking in eCommerce by Using WMS Data and BigData Analysis," *FME Transactions*, vol. 49, no. 1, pp. 233–243, 2021, doi: 10.5937/FME2101233L.
- [2] A. M. Coruzzolo, F. Lolli, E. Balugani, E. Magnani, and M. A. Sellitto, "Order Picking Problem: A Model for the Joint Optimisation of Order Batching, Batch Assignment Sequencing, and Picking Routing," *Logistics*, vol. 7, no. 3, p. 61, Sep. 2023, doi: 10.3390/logistics7030061.
- [3] J. Camilo, D. Jaramillo, M. C. Molina, and J. M. Cogollo Flórez, "Slotting and Picking: A review of methodologies and trends," 2020. doi: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052020000300514>.
- [4] A. Y. Alqahtani, "Improving order-picking response time at retail warehouse: a case of sugar company," *SN Appl Sci*, vol. 5, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.1007/s42452-022-05230-6.
- [5] K. Czerniachowska, R. Wichniarek, and K. Żywicki, "Industry Expertise Heuristics for Dimensioning Shelf Space of Rack Storage Location in a Distribution Centre with Zone Picking," *Management and Production Engineering Review*, vol. 14, no. 1, pp. 43–60, Mar. 2023, doi: 10.24425/mper.2023.145365.
- [6] J. A. Lee, Y. S. Chang, H. J. Shim, and S. J. Cho, "A Study on the Picking Process Time," *Procedia Manuf.*, vol. 3, pp. 731–738, 2015, doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.316.

- [7] M. J. Page et al., “The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews The Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA) statement,” *International Journal of Surgery*, vol. 88, p. 105906, 2021, doi: 10.1016/j.ijssu.2021.105906.
- [8] P. Viveros, K. González, R. Mena, F. Kristjanpoller, and J. Robledo, “Slotting optimization model for a warehouse with divisible first-level accommodation locations,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 3, pp. 1–29, Feb. 2021, doi: 10.3390/app11030936.
- [9] R. Caballero and A. González, “Propuesta metodológica para el diseño del slotting de mercancía en centros de distribución,” *I+D Tecnológico*, vol. 17, no. 2, pp. 5–13, Jul. 2021, doi: 10.33412/IDT.V17.2.3258.
- [10] S. A. Lavender, C. Sun, Y. Xu, and C. M. Sommerich, “Ergonomic considerations when slotting piece-pick operations in distribution centers,” *Appl Ergon*, vol. 97, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.apergo.2021.103554.
- [11] J. A. Cano, A. A. Correa-Espinal, and R. A. Gómez-Montoya, “Solving the Order Batching Problem in Warehouses using Genetic Algorithms,” *Información Tecnológica*, vol. 29, no. 6, pp. 235–244, 2018, doi: 10.4067/S0718-07642018000600235.
- [12] J. Park, C. Park, and S. Hong, “Gaussian process-based storage location assignments with risk assessments for progressive zone picking systems,” *Comput Ind Eng*, vol. 185, 2023, doi: 10.1016/j.cie.2023.109700.
- [13] K. L. Choy, G. T. S. Ho, and C. K. H. Lee, “A RFID-based storage assignment system for enhancing the efficiency of order picking,” *J Intell Manuf*, vol. 28, no. 1, pp. 111–129, Jan. 2017, doi: 10.1007/s10845-014-0965-9.
- [14] K. Liang et al., “Research on a Dynamic Task Update Assignment Strategy Based on a ‘Parts to Picker’ Picking System,” *Mathematics*, vol. 11, no. 7, Apr. 2023, doi: 10.3390/math11071684.
- [15] D. Diah Damayanti, N. Novitasari, E. B. Setyawan, and S. Muttaqin, “Intelligent Warehouse Picking Improvement Model for e-Logistics Warehouse Using Single Picker Routing Problem and Wave Picking,” 2022, [Online]. Available: www.joiv.org/index.php/joiv
- [16] E. Chumpitaz-Martínez, A. Sanchez-Sotelo, and C. León-Chavarri, “Implementation of engineering techniques for reducing waste in Warehousing: A case study in a Peruvian Food Company,” in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions*, 2022. doi: 10.18687/LEIRD2022.1.1.214.
- [17] S. A. van Heerden and J. H. van Vuuren, “Optimisation of stock keeping unit placement in a retail distribution centre,” *South African Journal of Industrial Engineering*, vol. 29, no. 2, pp. 74–91, 2018, doi: 10.7166/29-2-1867.
- [18] M. Bortolini, F. Calabrese, F. G. Galizia, and A. Regattieri, “A two-step methodology for product platform design and assessment in high-variety manufacturing,” *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 126, no. 9–10, pp. 3923–3948, Jun. 2023, doi: 10.1007/s00170-023-11347-8.
- [19] G. R. Aase and C. G. Petersen, “A Decision Support System for Re-Slotting a Case Pick Distribution Center,” *Open Journal of Business and Management*, vol. 10, pp. 1923–1935, 2022, doi: 10.4236/ojbm.2022.104099.
- [20] J. Rios, D. Morillo-Torres, A. Olmedo, J. Coronado-Hernandez, and G. Gatica, “A faster optimal model slotting in rack positions with mono SKU pallet,” in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2022, pp. 588–593. doi: 10.1016/j.procs.2022.07.084.
- [21] M. Fächtenhans, E. H. Grosse, and C. H. Glock, “Smart lighting systems: state-of-the-art and potential applications in warehouse order picking,” *International Journal of Production Research*, vol. 59, no. 12. Taylor and Francis Ltd., pp. 3817–3839, 2021. doi: 10.1080/00207543.2021.1897177.
- [22] J. A. Cano, ; Gomez, Rodrigo A, ; Salazar, and Fernando, “Routing policies in multi-parallel warehouses: an analysis of computing times,” 2017.
- [23] D. Hruščeká, R. Adla, S. Krayem, and M. Pivnička, “Event-B model for increasing the efficiency of warehouse management,” *Polish Journal of Management Studies*, vol. 17, no. 2, pp. 63–74, 2018, doi: 10.17512/pjms.2018.17.2.06.
- [24] R. A. Gómez-Montoya, J. A. Cano, P. Cortés, and F. Salazar, “A discrete particle swarm optimization to solve the put-away routing problem in distribution centres,” *Computation*, vol. 8, no. 4, pp. 1–17, Dec. 2020, doi: 10.3390/computation8040099.
- [25] F. M. Miguel, M. Frutos, M. Méndez, and F. Tohmé, “Order batching and order picking with 3D positioning of the articles: solution through a hybrid evolutionary algorithm,” *Mathematical Biosciences and Engineering*, vol. 19, no. 6, pp. 5546–5563, 2022, doi: 10.3934/mbe.2022259.
- [26] M. A. AlRushood, F. Rahbar, S. Z. Selim, and F. Dweiri, “Accelerating Use of Drones and Robotics in Post-Pandemic Project Supply Chain,” *Drones*, vol. 7, no. 5, May 2023, doi: 10.3390/drones7050313.