

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción**

Optimización del proceso de reabastecimiento en un centro de distribución de  
una distribuidora minorista

INGE-2754

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Ingenieros Industriales**

Presentado por:

Stephanie Maricela Rosales Campoverde

Luis Adrián Villalta Mera

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

## Dedicatoria

---

A mis padres por siempre apoyarme y brindarme su amor incondicional. A mis mejores amigos civiles, por darme la confianza que necesitaba cuando me sentía estancada. A mi confidente, por creer en mí siempre. A mis hermanos, por ser mi soporte. A mis amigos de la carrera (muy pronto mis colegas) por inspirarme a crecer de manera profesional y no rendirme. A mi compañero de tesis por ser tan paciente y mantener la cordura estos 4 meses.

Finalmente, a mi Wanda, por ser mi compañera de desveladas.

Stephanie Rosales

## Dedicatoria

---

Esta tesis va dedicada a mis padres, quienes con su amor inquebrantable y constante respaldo han sido los pilares fundamentales en esta travesía académica. Su infinita paciencia y capacidad para inspirarme han sido la luz que ha guiado cada paso en la realización de este proyecto. A mi hermana, por ser mi compañera incansable, mi confidente y mi mayor fuente de inspiración. A la memoria de mi abuelita y mi madrina, mujeres extraordinarias que dejaron una huella imborrable en mi vida. Su amor incondicional y sus sabias enseñanzas siguen guiando mis pasos.

A mi querida familia, cuyo amor incondicional, apoyo constante y sacrificios han sido la fuerza que me ha impulsado a seguir adelante en cada paso de este camino.

Luis Villalta

## Agradecimientos

---

Agradezco profundamente a mi familia por su infinito apoyo y por creer en mi. Henry y Karina, gracias por soportarme. A Dios, quien me ha dado la fortaleza y perseverancia para continuar cuando más lo necesitaba. A Lis, por estar ahí siempre. A Adrián, por confiar en mi en este proceso aunque a veces nos costara. A nuestra tutora, por habernos guiado en todo este camino y no haber perdido la fe en nosotros. A Sanchito, por haber sido una pieza fundamental en este proceso. A Génesis, Héctor y Emmi, por hacer más llevadera mi vida universitaria. A Rosita y Josué por haberme adoptado los últimos semestres y hacerme sentir que se podía sacar adelante la carrera. A Kare, por siempre tener las palabras correctas. A Harry, Rigo, Alan, Made y Gilson por su apoyo en esos días de incertidumbre. A Norma, por su flexibilidad y mentoría. Y a todos los que aportaron con su granito de arena en mi camino hasta aquí, gracias.

Stephanie Rosales Campoverde

## Agradecimientos

---

En primer lugar, quiero expresar mi gratitud a Dios por brindarme la resistencia, el conocimiento y la determinación necesaria para alcanzar este momento. A mi tutora de tesis, PHD. Jenny Gutiérrez por todo su apoyo y paciencia para poder culminar este proyecto. A mis mejores amigos, Yumi, Rigo, Harry, Steph, Sanchito, Joe, Bruce y Melanie por su compañía en este largo y arduo camino. Al “team Vortex”, mi grupo de amigos que se terminó convirtiéndose en mi familia. A mi distinguida compañera de tesis, cuya inquebrantable dedicación y admirable templanza iluminaron este camino académico, su invaluable respaldo y sabiduría fueron pilares esenciales en la finalización de este estudio. Finalmente, a todas las personas, quienes, con sus valiosas contribuciones, por pequeñas que parecieran, enriquecieron esta travesía académica.

Luis Adrian Villalta Mera

## Declaración Expresa

---

Nosotros Stephanie Maricela Rosales Campoverde y Luis Adrián Villalta Mera acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autor/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 8 de octubre del 2024.



Stephanie Maricela

Rosales Campoverde



Luis Adrián Villalta Mera

## **Evaluadores**

---

---

**Maria Laura Retamales García, M.Sc.**

Profesor de Materia

---

**Jenny Gutierrez Lopez, PhD**

Tutor de proyecto

## Resumen

El desarrollo del proyecto se ejecuta en un Centro de Distribución, con el objetivo de aumentar la productividad de los montacarguistas en el área de reabastecimiento. El enfoque empleado en este proyecto fue la metodología DMAIC. En la primera etapa se definió el problema en el área de reabastecimiento que afecta a los operadores de la zona de picking. Posteriormente, se hizo uso de herramientas como diagrama de Ishikawa, Matriz causa-efecto, análisis de capacidad y cartas de control, para analizar las potenciales causas, donde se estableció como causa significativa que los operadores recorrían largas distancias en el proceso de reabastecimiento. En la etapa de análisis, se implementó la herramienta “5 ¿Por qué?” para establecer la causa raíz: La configuración del plan de reserva no sigue la necesidad actual de rotación de productos. Como mejora, se propuso el procedimiento y la reconfiguración del plan de reserva, soluciones que fueron priorizadas a través de la matriz impacto-esfuerzo en conjunto con su análisis financiero. Finalmente, se implementó una simulación del proceso de reabastecimiento donde se logró un aumento de productividad de 2 pallets/H-H y un incremento de 16% de eficiencia operativa.

**Palabras Clave:** Productividad, Montacargas, WMS, Plan de Reserva



## ***Abstract***

*The development of the project is executed in a Distribution Center, with the objective of increasing the productivity of forklift operators in the replenishment area. The approach used in this project was the DMAIC methodology. In the first stage, the problem in the replenishment area that affects the operators in the picking area was defined. Subsequently, tools such as Ishikawa diagram, cause-effect matrix, capacity analysis and control charts were used to analyze the potential causes, where it was established as a significant cause that the operators traveled long distances in the replenishment process. In the analysis stage, the “5 Why?” tool was implemented to establish the root cause: The configuration of the reservation plan does not follow the current need for product rotation. As an improvement, the procedure and the reconfiguration of the reservation plan were proposed, solutions that were prioritized through the impact-effort matrix in conjunction with its financial analysis. Finally, a simulation of the replenishment process was implemented, which resulted in a productivity increase of 2 pallets/H-H-H and a 16% increase in operational efficiency.*

*Keywords: Productivity, Forklifts, WMS, Reservation Plan.*

## Índice general

Resumen.....	I
<i>Abstract</i> .....	II
<b>Índice general</b> .....	III
<b>Abreviaturas</b> .....	VI
<b>Índice de figuras</b> .....	VII
<b>Índice de tablas</b> .....	VIII
Capítulo 1.....	1
1.1.    Introducción .....	2
1.2.    Descripción del Problema .....	3
1.3.    Justificación del Problema .....	3
1.4.    Objetivos .....	4
1.4.1.    Objetivo general.....	4
1.4.2.    Objetivos específicos .....	4
1.5.    Marco teórico .....	4
1.5.1.    Metodología DMAIC.....	4
1.5.2.    Power Query .....	6
1.5.3.    Tablas dinámicas.....	6
1.5.4.    Sistema de gestión de almacenamiento.....	7
Capítulo 2.....	8
2.1.    Metodología .....	9

2.2.	Definir .....	9
2.2.1.	Voice Of Customer .....	9
2.2.2.	CTQ Tree .....	10
2.2.3.	Definición de Y .....	12
2.2.4.	SIPOC .....	13
2.2.5.	Métricas del triple resultado.....	14
2.2.6.	Plan de Recolección de datos.....	15
2.3.	Medición.....	16
2.4.	Análisis .....	24
2.4.1.	Causa raíz.....	33
	Capítulo 3.....	34
3.1.	Resultados y análisis .....	35
3.1.1.	Soluciones propuestas.....	35
3.1.2.	Plan de Implementación.....	37
3.1.3.	Implementación de solución 1: Configuración del plan de Reserva.....	37
3.1.4.	Implementación de Solución 2: Generar el Procedimiento para la revisión periódica del Plan de Reserva .....	42
3.2.	Resultados .....	43
3.2.1.	Métricas triples: Resultados.....	44
3.3.	Control .....	45
	Capítulo 4.....	47
4.1.	Conclusiones y recomendaciones.....	48

4.1.1.	Conclusiones .....	48
4.1.2.	Recomendaciones .....	48
	<b>Referencias</b> .....	<b>50</b>
	<b>Apéndice A</b> .....	<b>51</b>

## **Abreviaturas**

CTQ Critical to quality

DMAIC Definición, medición, análisis, implementación y control

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

SIPOC Supplier, Input, Process, Outputs, Customers

VOC Voice of customer

WMS Warehouse Management System

## Índice de figuras

Figura 1 .....	9
Figura 2 .....	11
Figura 3 .....	12
Figura 4 .....	13
Figura 5 .....	14
Figura 6 .....	16
Figura 7 .....	17
Figura 8 .....	19
Figura 9 .....	20
Figura 10 .....	20
Figura 11 .....	21
Figura 12 .....	22
Figura 13 .....	23
Figura 14 .....	23
Figura 15 .....	25
Figura 16 .....	26
Figura 17 .....	26
Figura 18 .....	27
Figura 19 .....	29
Figura 20 .....	30
Figura 21 .....	30
Figura 22 .....	31
Figura 23 .....	32
Figura 24 .....	32

Figura 25 .....	36
Figura 26 .....	37
Figura 27 .....	38
Figura 28 .....	39
Figura 29 .....	40
Figura 30 .....	41
Figura 31 .....	44
Figura 32 .....	45
Figura 33 .....	46

### **Índice de tablas**

Tabla 1 .....	28
---------------	----

# Capítulo 1



## 1.1. Introducción

En el entorno logístico actual, caracterizado por su alto dinamismo y demanda de eficiencia, los centros de distribución enfrentan el desafío de optimizar sus procesos internos para satisfacer las expectativas del mercado.

En la actualidad, los centros de distribución se enfrentan ante el desafío de adaptar y realizar mejoras a sus métodos y procedimientos, con la finalidad de generar valor y destacarse frente a otras empresas que ofrecen los mismos servicios.

La compañía a estudiar, una destacada cadena de supermercados en el país, se encarga de comercializar y distribuir productos de consumo masivo, a través de distintos puntos de ventas en todo el Ecuador, con un alcance de más de 220,000 clientes cada día.

Como un aspecto de su estrategia de expansión y mejora continua, la compañía dispone de un centro de distribución ubicado en Lomas de Sargentillo, aproximadamente a 1 hora de Guayaquil, cuya misión es asegurar un abastecimiento eficaz a sus sucursales a través de una administración continua de inventarios y rotación de productos. A pesar de que su centro de distribución cumple con su función de abastecer a las sucursales, enfrenta problemas de eficiencia y productividad, siendo así su principal cuello de botella el proceso de reabastecimiento, ya que los tiempos de inactividad y la falta de optimización de las rutas de montacargas son áreas críticas que requieren intervención, para tener un flujo continuo del proceso. Este proyecto busca abordar estos desafíos mediante el uso de metodologías de mejora continua, como DMAIC, con el objetivo de optimizar las rutas que siguen los operadores cuando reabastecen los productos, minimizar los tiempos de inactividad y aumentar la productividad de los operadores. La propuesta tiene como base la aplicación de técnicas de análisis estructurado y soluciones innovadoras, garantizando un impacto

positivo tanto en la operación interna del centro como en la experiencia final del cliente.

## **1.2. Descripción del Problema**

La empresa, una importante minorista a nivel nacional, cuenta con dos centros de distribución que suministra a más de 210 locales en todo el país. Al contar con una red de distribución tan extensa, se requiere un flujo eficiente para asegurar el suministro continuo de mercadería.

En el centro de distribución ubicado en Lomas de Sargentillo, se encuentra la problemática en el proceso de reabastecimiento de productos, lo cual genera un decremento significativo en la productividad de los montacarguistas involucrados en el proceso.

## **1.3. Justificación del Problema**

El bajo desempeño en el proceso de reabastecimiento dentro del centro de distribución, ubicado en Lomas de Sargentillo, representa un desafío crítico para la operación logística. Desde abril de 2024, se ha identificado que los operadores de montacargas registran una productividad promedio de 15 pallets por hombre-hora, un valor inferior al objetivo establecido de 19 pallets por hombre-hora. Esta situación impacta directamente en la eficiencia operativa, generando retrasos en la reposición de productos y afectando la preparación de pedidos en las zonas de picking.

Abordar esta problemática es crucial para optimizar la cadena de suministro, ya que una baja productividad no solo implica mayores tiempos de espera en las operaciones internas, sino también un uso ineficiente de los recursos disponibles, como equipos y personal. Además, las rutas de reabastecimiento actuales presentan

recorridos excesivos, lo que incrementa los costos operativos y limita la capacidad de respuesta del centro frente a las demandas del mercado.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo general***

Aumentar la productividad de los montacarguistas en el proceso de reaprovisionamiento en un 30% en los próximos 4 meses mediante la aplicación de mejoras en el trazado de rutas de los montacargas, el plan de reserva y la priorización de la agrupación de pallets en volúmenes mayores, aprovechando las capacidades actuales del sistema de gestión de almacenes (WMS).

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

1. Analizar las causas raíz de la baja productividad de los montacargas.
2. Identificar las rutas más eficientes para reducir los tiempos de desplazamiento en el proceso de reabastecimiento.
3. Implantar una estrategia de consolidación de productos, evitando que pallets del mismo "estadístico" se distribuyan en distintas zonas del almacén.
4. Implementar ajustes en el sistema de gestión para mejorar la asignación de ubicaciones de productos.

## **1.5. Marco teórico**

### ***1.5.1. Metodología DMAIC***

DMAIC es una metodología de mejora continua que se usa de forma clave para proyectos de calidad y eficiencia, especialmente dentro de Seis Sigma. Las siglas representan cinco fases clave del proceso: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Este enfoque es común en industrias que buscan soluciones precisas y

estructuradas para optimizar sus operaciones y reducir la variabilidad de procesos (George et al., 2005).

**Definir.** Esta fase es primordial para entender el proyecto al que se le aplicará DMAIC, puesto que se establecen los objetivos que se desea cumplir, se encuentran restricciones a los problemas que se busca resolver. Se lleva a cabo mediante entrevistas claves con los clientes, ya sean clientes internos o externos, se fijan los indicadores críticos que serán la medición para verificar si las soluciones son eficaces. Este paso es crucial porque establece la dirección del proyecto y asegura que los esfuerzos estarán alineados con los requerimientos del negocio y de los clientes (George, Rowlands, Price, & Maxey, 2005).

**Medir.** En la fase de medición, el objetivo principal es recopilar datos que describan el rendimiento actual del proceso. Se elaboran técnicas de recolección de datos precisos para detectar las ineficiencias o actividades que no agregan valor en el proceso. Esta etapa debe ser tomada con cautela, debido a que se deben definir de manera precisa las variables y seleccionar las herramientas apropiadas para su medición. El plan de recolección de datos es crucial, puesto que garantiza una base firme para el estudio de las causas raíz que se presentan en la siguiente fase. (Montgomery, 2012).

**Analizar.** La fase de análisis se centra en la comprensión y evaluación de las causas raíz de los problemas identificados durante las primera fases. Mediante el uso de herramientas estadísticas y de calidad, tales como el análisis de causa-efecto, diagramas de dispersión, análisis de correlación, se puede adquirir una visión más detallada sobre los factores que afectan directamente al proceso de estudio. Este paso requiere un extenso análisis crítico para descubrir la correlación entre los factores y el desempeño del proceso (Breyfogle, 2003).

**Mejorar.** A partir de la identificación de causas raíz, se avanza a la etapa de mejorar, en la que se elaboran e implementan soluciones que buscan reducir o eliminar las deficiencias identificadas en el análisis. Esta etapa puede abarcar soluciones como la reingeniería de los procesos, capacitación al personal, incluso generar modificaciones al diseño de la planta o almacén de estudio. Con frecuencia se realizan varias pruebas piloto de las diversas soluciones propuestas antes de su definitiva implementación, con la finalidad de garantizar que el problema sea resuelto, sin generar nuevas fallas (Harry & Schroeder, 2000).

**Controlar.** La última etapa es la de control, la cual se asegura de que las modificaciones efectuadas se conserven a largo plazo y no solo solucionen el problema de manera temporal. Para lograrlo, se establecen sistemas de monitoreo que permiten realizar ajustes de ser requerido. Esta fase también es fundamental para estandarizar los nuevos procedimientos y registrar las modificaciones para que puedan ser replicados en otros proyectos o departamentos de la organización (Pyzdek & Keller, 2014).

### ***1.5.2. Power Query***

La herramienta Power Query perteneciente a Microsoft funciona como una interfaz gráfica permitiendo extraer, limpiar y transformar datos de diversas fuentes como base de datos, archivo de Excel utilizando procesos que preservan la integridad de los datos y permiten una depuración completa. Dentro de este lenguaje, se puede crear consultas, etiquetar transformaciones, mantener datos originales. En la práctica, facilita la automatización del análisis de recursos electrónicos y la transformación de informes, destacándose por su versatilidad en el manejo y análisis de datos en el ámbito empresarial (Becker & Gould, 2019).

### ***1.5.3. Tablas dinámicas***

El uso de las tablas dinámicas como herramienta en la visualización de datos en Microsoft Excel ayuda a clasificar, contar, totalizar y dar media de forma automática a los datos almacenados dentro una tabla en una hoja de cálculo. Como resultado final, se muestra una especie de informe en una segunda tabla con los datos resumidos mediante tabulaciones cruzadas sin ponderar (Saúl, 2016).

#### ***1.5.4. Sistema de gestión de almacenamiento***

Los sistemas de gestión de almacenes (WMS por sus siglas en ingles “Warehouse Management System”), es un sistema de información que permite gestionar de manera correcta el flujo de productos e información a través de procesos logísticos fundamentales como recepción, almacenamiento y control de inventario. Su implementación ofrece una ventaja competitiva sobre la competencia donde destaca la agilización de localización de mercancías mediante análisis de rotación y características de productos, la mejora en la precisión de inventario, optimización de espacio de almacenamiento, reducción de costos operativos y disminución de pérdida de mercancía, no obstante, su implementación genera un gran desafío por sus costos elevados de implementación y la necesidad de mantener una infraestructura tecnológica adecuada (Alejandra et al., 2023).

## **Capítulo 2**

## 2.1. Metodología

Para el desarrollo del proyecto se implementó la metodología DMAIC. El proceso comenzó con la identificación de las necesidades de los clientes, para lo cual se diseñó una serie de encuestas que permitieron recopilar información clave con el fin de poder elaborar el VOC para luego poder clasificar las ideas y elaborar el cuadro de afinidad.

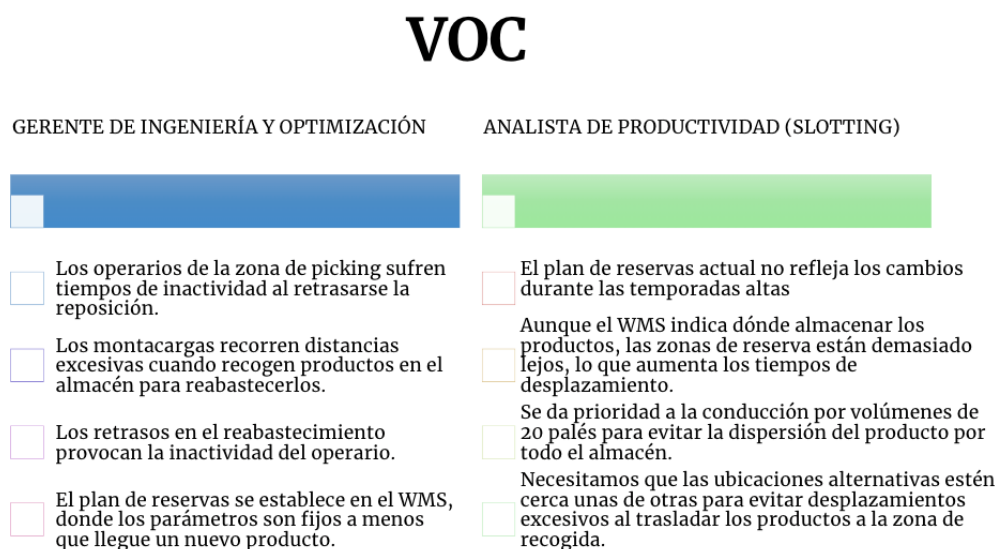
## 2.2. Definir

### 2.2.1. Voice Of Customer

Para determinar y entender las necesidades del cliente, se procedió a entrevistar al Gerente de Ingeniería y Optimización de la empresa, a los analistas de productividad del área de Slotting y a operadores que realizan el proceso.

#### Figura 1

*Voice of Customer*



*Nota.* Se realizaron entrevistas a los clientes internos

Entre los hallazgos se obtuvo:



- Se identificaron tiempos de inactividad cuando no hay suficientes productos en las zonas establecidas.
- Las zonas eran establecidas mediante planes de reserva para cada SKU existente.
- El plan de reserva se establecía en el sistema WMS y este se encarga de establecer donde almacenar los productos.
- Cuando existían cambios en la demanda, productos de la misma familia deben ser reubicados en diferentes zonas, usualmente zonas lejanas.
- Se requerían ubicaciones alternativas que se encuentren cercanas a las zonas establecidas para cada producto.

### ***2.2.2. CTQ Tree***

Después de la recolección de información se procedió a agruparlos mediante un diagrama de afinidad (Figura 2), con la finalidad de sintetizar las ideas e identificar las necesidades críticas del cliente.

Las categorías quedaron establecidas como: Eficiencia operativa, optimización del espacio de almacenamiento y agregación por volumen.

Figura 2

Diagrama de Afinidad

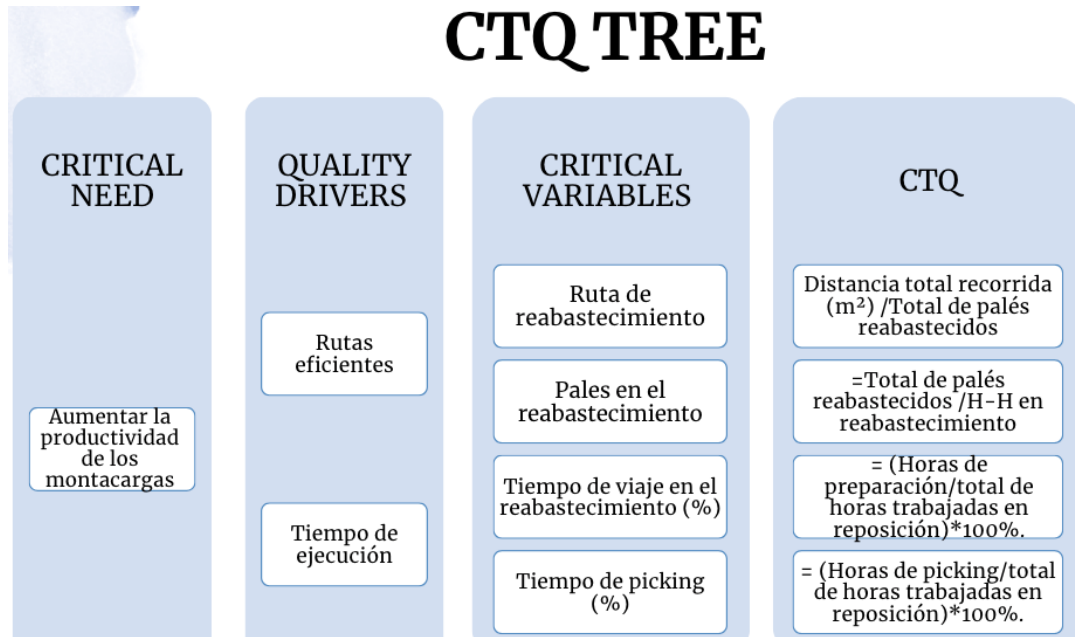


*Nota.* Se dividieron las necesidades en 3 categorías

Después de obtener las categorías se procedió a utilizar otra herramienta para traducir las necesidades del cliente en requerimiento medibles, el CTQ tree que se observa en la Figura 3. Con la información recolectada se estableció que la necesidad crítica del proceso es: Aumentar la productividad de los montacargas. Los drivers principales (Rutas eficientes y Tiempo de ejecución) fueron identificados al igual que las variables críticas (Ruta de reabastecimiento, pales de reabastecimiento, tiempo de viaje en el reabastecimiento, tiempo de picking).

Figura 3

CTQ Tree



*Nota.* El uso del CTQ Tree es fundamental para traducir las necesidades

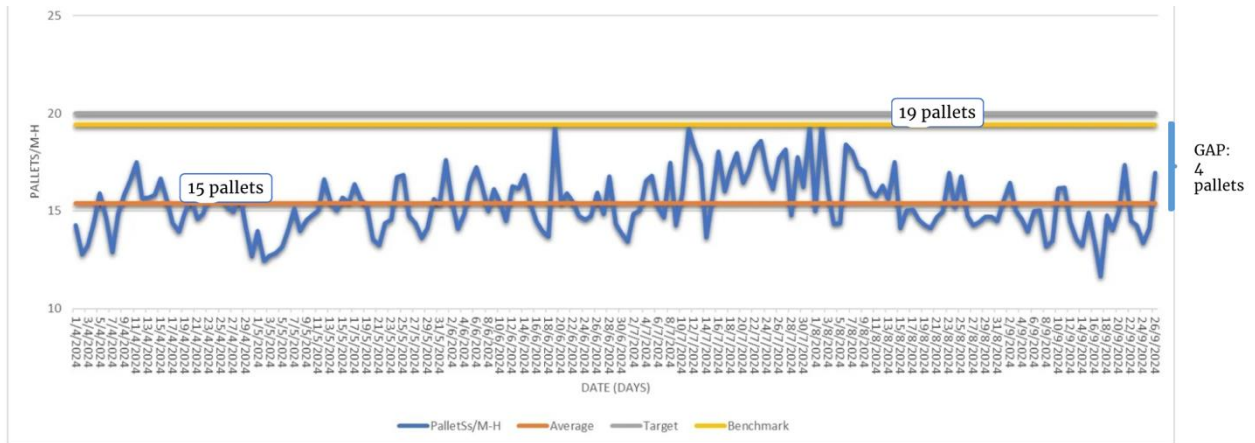
### 2.2.3. Definición de Y

La métrica principal del proyecto, descrita como la Y en los proyectos de mejora, se definió como el aumento en la productividad de los montacarguistas, medida por: Pallets reabastecidos por Hora-Hombre (H-H).

En base a los datos proporcionados, se analizó la serie de tiempo (Figura 4), de la productividad durante el proceso de reabastecimiento durante 6 meses (desde abril hasta septiembre del 2024), donde se obtuvo que la media de pallets reabastecidos por hora hombre es de 15 pallets, con un GAP de 4 pallets, es decir, que su benchmark es de 19 pallets. Por lo que, se procedió a definir el problema del centro de distribución, con ayuda de la herramienta 4W1H.

**Figura 4**

Serie de tiempo (abril-septiembre 2024)



*Nota.* Se observa que la media es de 15 pallets

Desde abril del 2024, el Centro de distribución localizado en Lomas de Sargentillo, de una distribuidora minorista, se observó una notable disminución en la productividad de los montacarguistas, debido a que los operadores están reabasteciendo un promedio de 15 pallets/H-H en el área de reabastecimiento, mientras que el Centro quería incrementar el promedio de pallets reabastecidos a 19 pallets/H-H.

#### 2.2.4. SIPOC

Se realizó un análisis SIPOC para el mapeo del proceso de reabastecimiento, en donde se destacó que el proceso es gestionado por el sistema de bodega del centro (WMS). Se ingresan las órdenes, los operadores disponibles, así como la demanda del producto y su rotación.

El proceso general comienza cuando se receipta la orden de reabastecimiento desde el sistema WMS, se identifica el producto en la zona de reserva, se transfiere el producto desde el almacén hasta la zona de picking, y, por último, se descarga el producto en la zona respectiva.

Figura 5

SIPOC



*Nota.* El SIPOC sirve de guía para entender mejor el proceso

### 2.2.5. Métricas del triple resultado

Para verificar la sostenibilidad del proyecto a largo plazo, se realizó una evaluación de las métricas Económica, Social y Ambiental.

**Económica:** Incrementar el número de pallets reabastecidos por H-H incrementa la productividad operacional y reduce los costos operativos, y se mide mediante la fórmula 2.1:

$$\text{Productividad operacional} = \frac{\text{Total de pallets reabastecidos}}{H * H} \quad (2.1)$$

**Social:** Incrementar la eficiencia operativa mediante la reducción de tiempos de viaje y aumentar la comodidad del operador puede mejorar la satisfacción del trabajo, y se mide por la fórmula 2.2

$$\text{Eficiencia Operativa} = \frac{\text{Horas de preparación}}{\text{Total de horas trabajadas en reabastecimiento}} * 100\% \quad (2.2)$$

**Ambiental:** Reducir la distancia recorrida por los montacargas aumenta la eficiencia energética de los montacargas.

Como se trabaja con montacargas eléctricos que consumen 10Kw/h, la fórmula para calcular la eficiencia energética es la siguiente:

$$\text{Eficiencia energética} = \frac{\text{Energía consumida } \left(\frac{kW}{h}\right)}{\text{Total de pallets reabastecidos}} \quad (2.3)$$

Para el desarrollo del proyecto se tomaron en cuenta la relevancia de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), mediante las métricas evaluadas se encontró que los Objetivos más centralizados con el tema son:

ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico, ya que promueve un entorno de trabajo más eficiente y optimización de condiciones laborales, lo que también contribuye al crecimiento económico del centro de distribución.

ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura, se conecta con la métrica social mediante la optimización del diseño de almacén y las rutas de los montacarguistas, lo que implica una mejora en la infraestructura, permitiendo que los operadores realicen su trabajo de manera más rápida y cómoda.

#### **2.2.6. Plan de Recolección de datos**

La recolección de datos se realizó en base a registros históricos del WMS, los pallets reabastecidos por hora para medir el incremento de la productividad de los montacarguistas.

Las distancias recorridas por los montacargas para la medición de las métricas de TBL, las horas de preparación, que se enfocan en el tiempo de recorrido durante el proceso, y el tiempo de picking que realizan los operadores para medir una de las variables críticas del CTQ.

Los datos fueron proporcionados por el asesor de la empresa para su análisis.

**Figura 6***Plan de recolección de datos*

¿Cuándo?				¿Dónde?	¿Cómo?	¿Cómo?	¿Cómo?	¿Quién?	Estado
Variable	Significado operativo	unidad de medición	tipo de datos	factor de estratificación	fecha	punto de origen	metodo de recolección	Futuro uso	
Productividad de montacarguistas	Pallets repuestos por hora	Pallets/M-H	Cuantitativo - Continuo	Aumento de la productividad	abril a sep 2024	Proceso de reabastecimiento	Registros históricos	Medición del aumento de productividad de los operadores de montacargas	Asesor de empresa
Ruta de Reabastecimiento	Distancia recorrida por montacargas	metro cuadrado /pallet	Cuantitativo - Continuo	Aumento de la productividad	abril a sep 2024	Proceso de reabastecimiento	Registros históricos	Medición de las métricas ambientales en la TRIPLE BOTTOM LINE METRICS	Asesor de empresa
Tiempo de recorrido de reabastecimiento	Horas de preparación	Horas de preparación/total de horas trabajadas en reabastecimiento	Cuantitativo - Continuo	Métricas sociales	abril a sep 2024	Proceso de reabastecimiento	Registros históricos	Medición de métricas sociales en el TRIPLE BOTTOM LINE METRICS	Asesor de empresa
Tiempo de picking	Horas de picking	Horas de preparación de pedidos/total de horas trabajadas en reabastecimiento	Cuantitativo - Continuo	Variable crítica en CTQ	abril a sep 2024	Proceso de reabastecimiento	Registros históricos	Medir la variable crítica tiempo de picking	Asesor de empresa

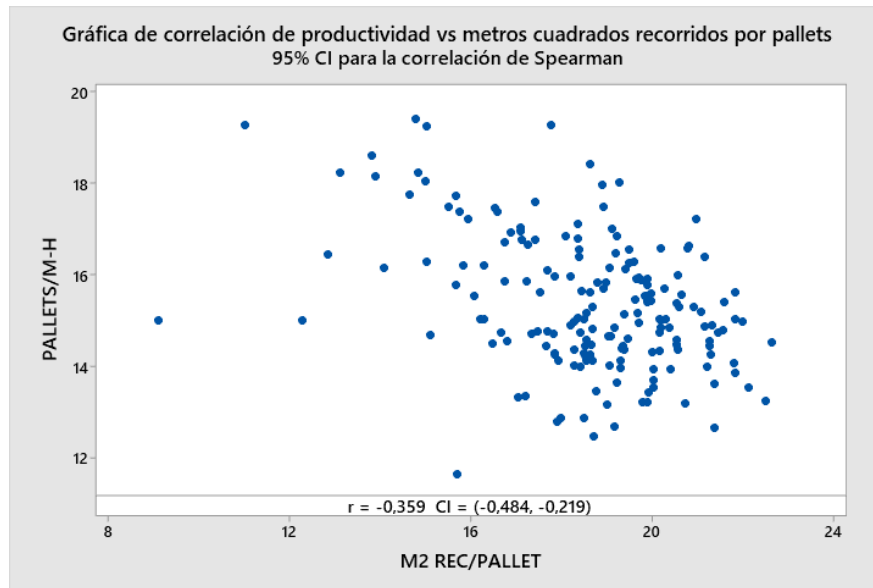
*Nota.* Los datos se recopilaron mediante el asesor de la empresa

### 2.3. Medición

En la fase de medición, nos enfocamos en recopilar y analizar datos clave para entender el alcance del problema y establecer una línea base. En esta etapa, nos concentramos primero en la estratificación, donde analizamos la relación entre la productividad del montacarguista medida en pallets/H-H y los metros cuadrados recorridos/pallets, donde se implementó el coeficiente de correlación de Spearman, obteniendo un p-value de  $-0.359$ . Como se observa en la Figura 7, concluimos que existe una relación negativa moderada entre las variables, lo que sugiere que, a mayores metros cuadrados recorridos, habría menos productividad.

**Figura 7**

*Correlación de productividad vs m2 recorridos por pallets*



*Nota.* Se observa una correlación negativa y débil de los datos

Tras completar la estratificación, los hallazgos obtenidos nos permitieron identificar patrones claros. Este análisis detallado sirvió como base para definir el 'Focus Problem Statement', obteniendo así: 'En el centro de distribución, desde abril del 2024, se detectó que los montacarguistas mostraban una disminución de su productividad (pallets/H-H) a medida que aumentaba la distancia recorrida por pallets.'

Para asegurarnos de que los datos recopilados fueran correctos y representativos, se llevó a cabo un proceso de validación utilizando la fórmula general para determinar el tamaño de muestra que se mostró a continuación:

$$n = \left( \frac{ts}{kx} \right)^2 \quad (2.4)$$

Donde:

- $n$  = Número de muestras (menos de 30)
- $t$  = Valor crítico de la distribución T de Student



- $s$  = Desviación típica de la muestra
- $k$  = Fracción aceptable de  $x$
- $\bar{x}$  = Media de la muestra

Esto permitió establecer una base estadísticamente confiable, garantizando que la información obtenida fuera suficiente y adecuada para respaldar el análisis del 'Focus Problem Statement.'

Por lo tanto, se seleccionó una muestra piloto de 25 datos sobre la productividad de los montacarguistas, lo que nos permitió obtener lo siguiente:

$$n = \left( \frac{ts}{kx} \right)^2$$

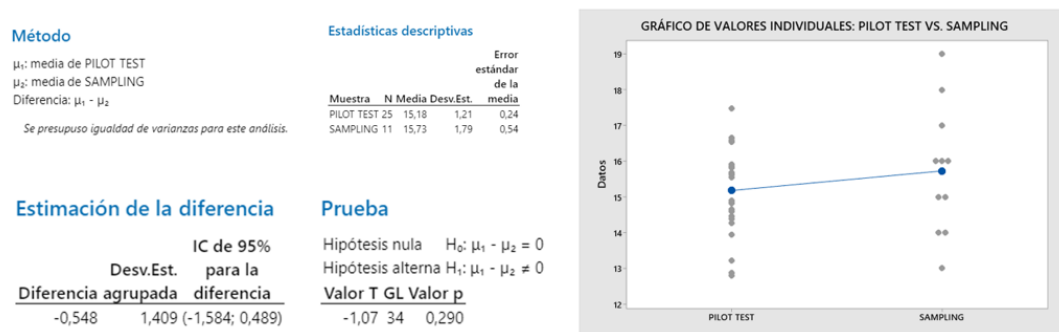
$$n = \left( \frac{(2.064)(1.21)}{(0.05)(15)} \right)^2$$

$$n = 11 \text{ observaciones}$$

Finalmente, las 11 observaciones de la muestra de muestreo fueron validadas con los 25 datos de la prueba piloto utilizando una prueba de diferencia de medias, con un nivel de confianza del 95%. Los resultados, mostrados en la estimación para la diferencia de medias, indicaron que la diferencia fue insignificante, ya que el valor  $t$  obtenido fue de -1,07 y el  $p$ -valor fue 0,290, como se muestra en la Figura 8, lo que sugirió que no existía una diferencia estadísticamente significativa entre las dos muestras, validando así la data.

**Figura 8**

Gráfica de valores individuales plot test vs. sampling



Nota. La gráfica muestra un valor p de 0,290

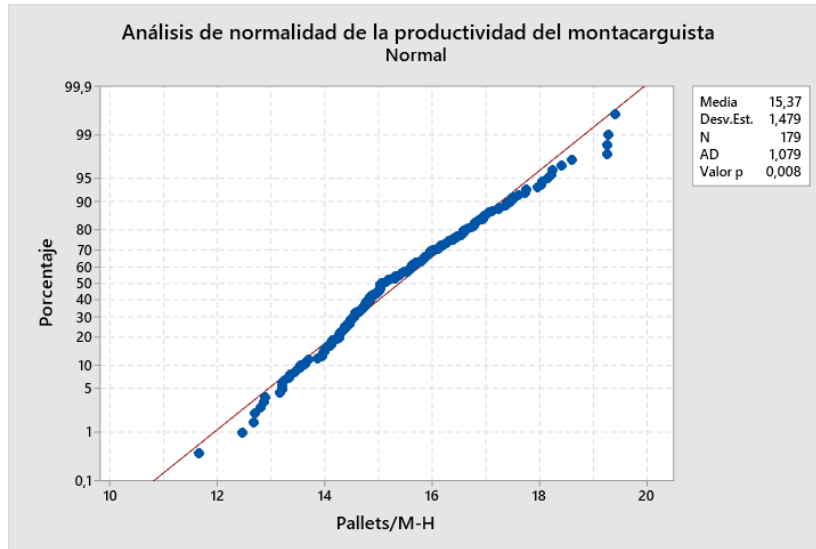
Adicionalmente, se realizó la prueba de normalidad para verificar si los datos siguían una distribución normal mediante la prueba de Anderson-Darling, utilizando la siguiente formulación de hipótesis:

- $H_0$ : Los datos siguen una distribución normal.
- $H_1$ :  $\neg H_0$

Para el cual se contó con un nivel de confianza del 95%, donde se obtuvo un valor p-value de 0.008, como se mostró en la Figura 9, menor al nivel de significancia de 0.05, por lo que se rechazó la hipótesis nula y se concluyó que los datos no seguían una distribución normal.

**Figura 9**

*Análisis de normalidad de la productividad del montacarguista*



*Nota.* Los datos no siguen una distribución normal

Ante este caso, se identificó la distribución individual de los datos, donde el valor mayor de p-value indicaba la transformación que se le debía dar a los datos para que estos pudieran ajustarse a una distribución normal.

**Figura 10**

*Prueba de bondad de ajuste*

#### Prueba de bondad del ajuste

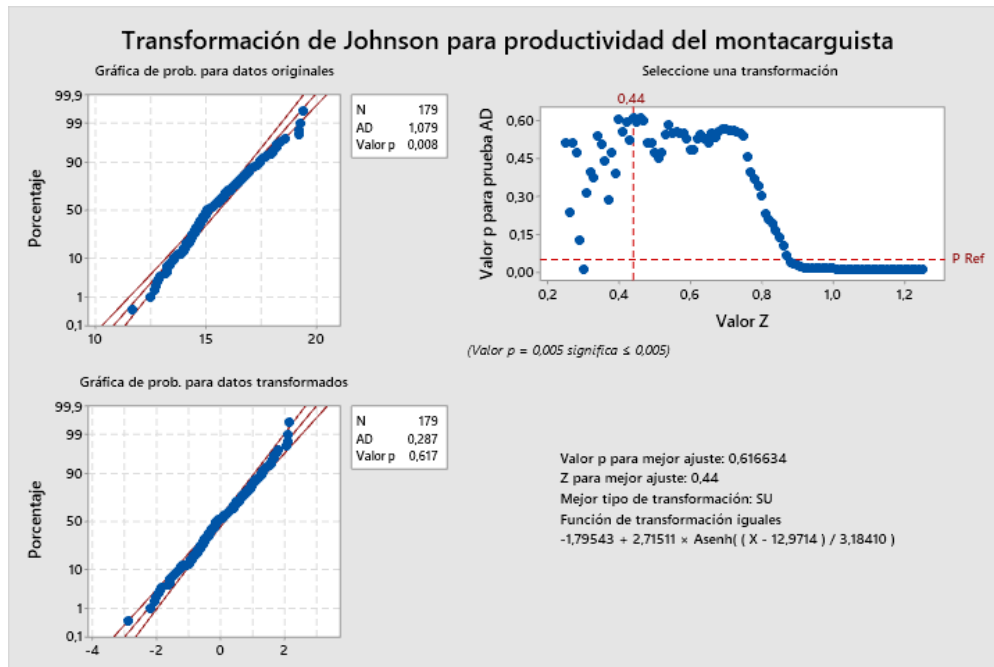
Distribución	AD	P LRT P
Normal	1,079	0,008
Transformación Box-Cox	0,381	0,398
Lognormal	0,536	0,168
Lognormal de 3 parámetros	0,357	* 0,324
Exponencial	67,679	<0,003
Exponencial de 2 parámetros	30,327	<0,010 0,000
Weibull	3,566	<0,010
Weibull de 3 parámetros	0,824	0,022 0,000
Valor extremo más pequeño	5,107	<0,010
Valor extremo por máximos	0,701	0,069
Gamma	0,684	0,078
Gamma de 3 parámetros	0,375	* 0,142
Logística	0,933	0,009
Loglogística	0,581	0,090
Loglogística de 3 parámetros	0,375	* 0,210
Transformación de Johnson	0,287	0,617

*Nota.* Indica que se debe usar la transformación de Johnson

Para lo cual, el valor de p-value mayor fue de 0.617, como se mostró en la Figura 10, por lo que se transformaron los datos usando la Transformación de Johnson (Figura 11).

**Figura 11**

*Transformación de Johnson para productividad del montacarguista*

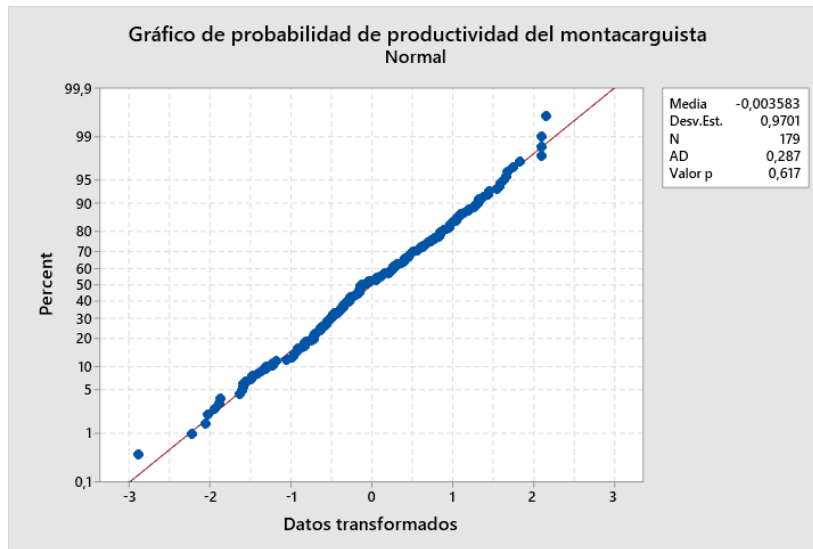


*Nota.* La transformación de Johnson se aplicó para cumplir con normalidad

Así, aplicando la prueba de normalidad, se pudo verificar que los datos se aproximaban a una distribución normal como se observa en la Figura 12.

**Figura 12**

*Probabilidad de productividad del montacarguista*

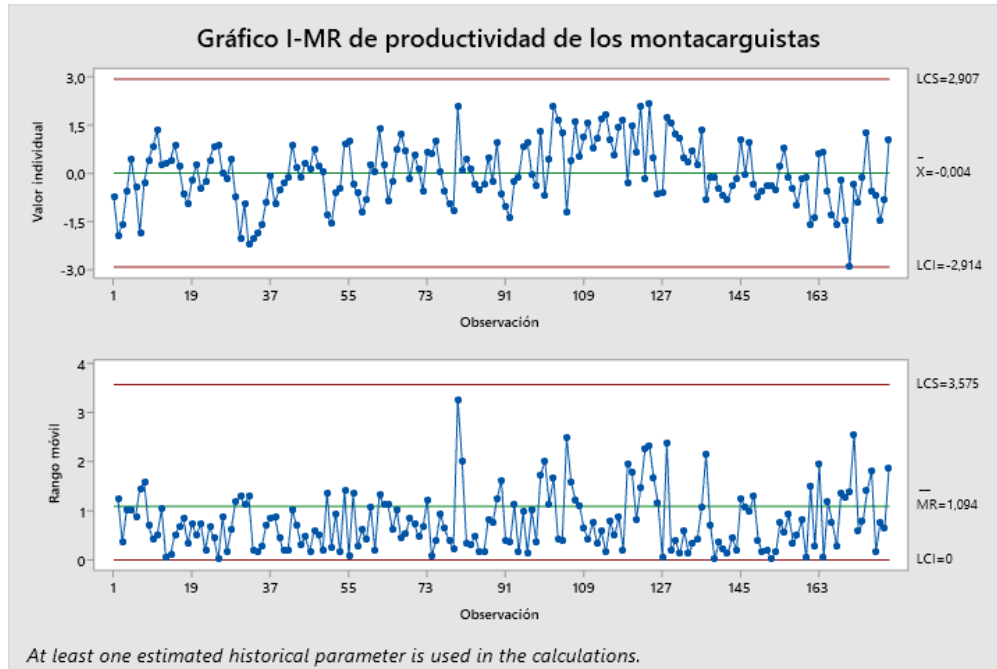


*Nota.* Los datos siguen una distribución normal

Una vez cumplido el supuesto de normalidad, se implementó la gráfica de control IM-R, la cual nos permitió identificar tendencias y detectar cualquier anomalía en el comportamiento de las variables de interés. Por lo tanto, se estableció su límite superior de 2.907 y su límite inferior de -2.914, como se muestra en la Figura 13, concluyendo que el proceso se encontraba dentro de los límites estadísticos aceptables, lo que significaba que el proceso permanecía estable a lo largo del tiempo.

**Figura 13**

*I-MR de productividad de los montacarguistas*

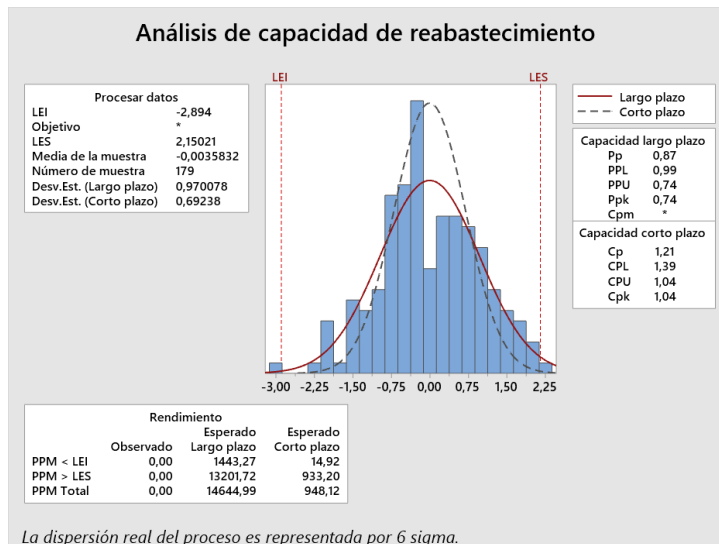


*Nota.* La gráfica indica que si es estable a largo plazo

Finalmente, en la etapa de medición se realizó el análisis de capacidad del proceso de reabastecimiento con un nivel de confianza del 95%, obteniendo un cp de 1.21, como se observa en la Figura 14.

**Figura 14**

*Análisis de capacidad de reabastecimiento*



*Nota.* Se observa un CP de 1.21

Dado que el cp se encontraba entre  $1 < 1.21 < 1.33$  se determinó que el proceso era parcialmente adecuado a corto plazo, aunque aún necesitaba optimización para mejorar su eficiencia.

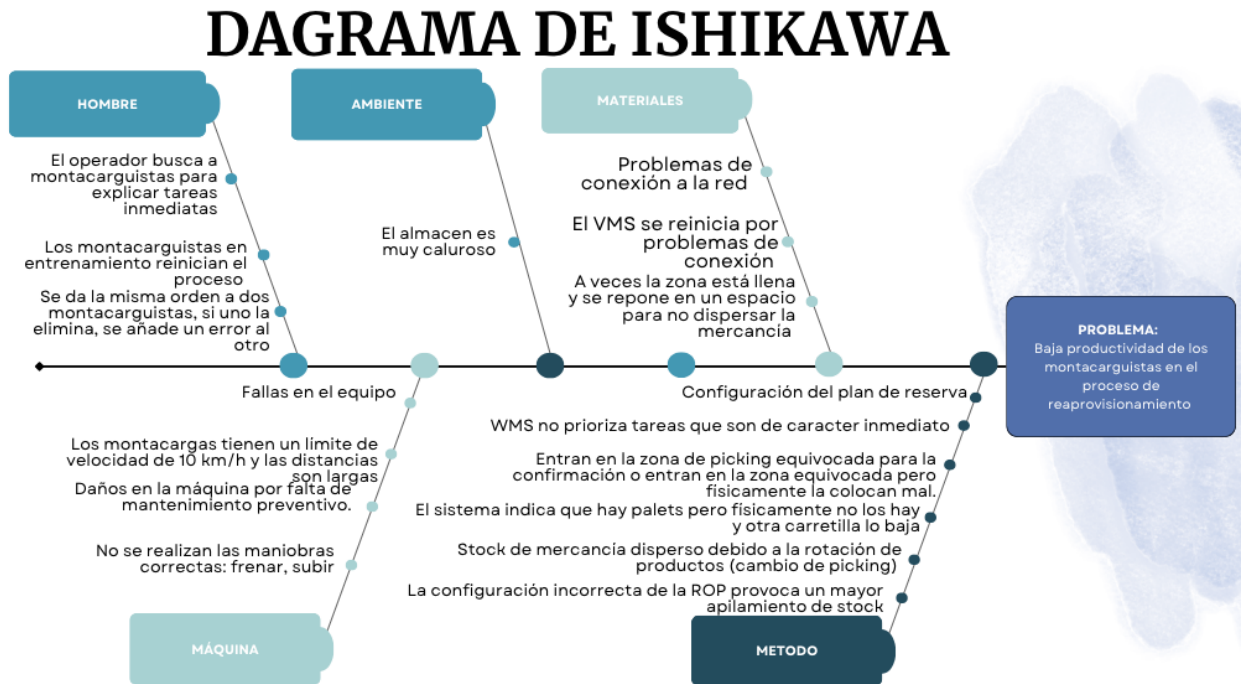
#### **2.4. Análisis**

Se llevaron a cabo sesiones de lluvia de ideas con el equipo involucrado en el proceso para identificar posibles causas del problema, las cuales fueron segmentadas mediante el uso del Diagrama de Ishikawa (Figura 15), categorizadas en hombre, máquina, método, material y entorno.

Los principales hallazgos se dieron en el método del proceso y la mano de obra (hombre), debido a que las rutas eran establecidas por el sistema, y el sistema estaba alimentado por la configuración del plan de reserva que se realizaba para cada SKU. Cuando había cambio de temporada o cambios en la demanda de los productos, estos se encontraban dispersos, por lo que los operadores debían realizar largos recorridos para llevar a cabo el proceso.

Figura 15

Diagrama de Ishikawa



*Nota.* Se desarrolló mediante una sesión de lluvia de ideas con el equipo

Una vez obtenidas las causas, se utilizó una matriz causa-efecto para determinar las causas que el equipo consideraba como variables críticas. Seguido de esto, se priorizaron aquellas que tenían mayor influencia según su ponderación, y se realizó un Diagrama de Pareto para analizar las causas con mayor influencia en la productividad.

Para la matriz causa-efecto (Figura 16), se utilizó una puntuación de 0, 1, 3 y 9 según la percepción del personal sobre qué causas impactaban en la productividad de los montacarguistas. Los responsables de ponderar la matriz fueron el Gerente de Ingeniería y Optimización, un analista de productividad y un operador.



**Figura 16**

*Matriz Causa-Efecto*

N.	MTRIZ CAUSA-EFECTO	Y = LBAJA PRODUCTIVIDAD DE LOS MONTACARGUISATS			MEDIA
		GERENTE DE INGENIERÍA Y OPTIMIZACIÓN	ANALISTA (SLOTTING)	OPERADOR 1	
<b>HOMBRE</b>					
1	Operador busca al montacarguista para explicarle las tareas inmediatas	3	3	3	3
2	Montacarguistas que están en entrenamiento relanzan el proceso	1	1	1	1
3	Demora en estibar las cajas al momento de hacer un reaprovisionamiento	3	3	3	3
4	Se le da la misma orden a dos montacarguistas, si uno lo elimina se agrega error al otro.	1	1	1	1
<b>MATERIALES</b>					
5	WMS se reinicia por problemas de conexión	1	3	1	1
6	Problemas de conexión con la red	1	1	0	1
7	A veces la zona está llena y se sustituye en un espacio para no dispersar la mercadería	1	3	3	3
<b>MÁQUINA</b>					
8	Avería del equipo	1	1	1	1
9	montacargas tienen un limite de velocidad de 10km/h y las distancias son largas.	3	1	3	3
10	Daño de máquina por falta de mantenimiento preventivo.	1	1	1	1
11	No se realizan las maniobras correctas: frenar, subir	1	1	3	1
<b>MÉTODO</b>					
12	Configuración del plan de reserva ( la zona no acompaña el plan de reserva o el plan de reserva está mal conf)	9	9	9	9
13	Mercadería de stock dispersa por la rotación del producto (cambio de picking)	9	3	3	3
14	Mala configuración del ROP provoca aumento de la estiba de cajas	3	3	3	3
15	WMS no prioriza tareas que son de caracter inmediato	3	3	3	3
16	Digitan mal la zona de picking para la confirmación o digitan mal la zona pero fisicamente lo coloca mal.	1	3	3	3
17	El sistema indica que hay pallets pero fisicamente no hay y otro montacarguista lo deja en el sitio.	1	1	1	1
<b>AMBIENTE</b>					
18	La bodega es muy calurosa	1	1	1	1

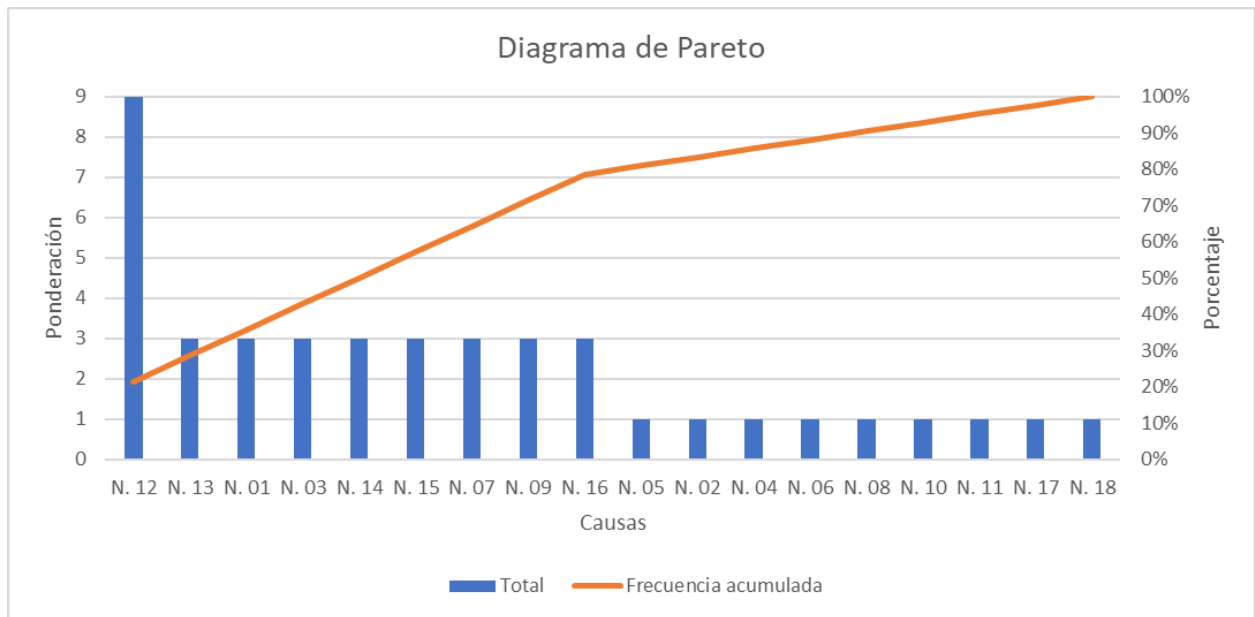
*Nota.* La matriz fue ponderada por los clientes internos

Según el Diagrama de Pareto (Figura 17), las potenciales causas que afectaban

la Y fueron las siguientes:

**Figura 17**

*Diagrama de Pareto*



*Nota.* El diagrama de Pareto identificó las causas potenciales

**Figura 18***Causas potenciales*

N.	Causes
1	Operador busca al montacarguista para explicarle las tareas inmediatas
3	Demora en estibar las cajas al momento de hacer un reaprovisionamiento
7	A veces la zona está llena y se sustituye en un espacio para no dispersar la mercadería
9	El montacargas tienen un límite de velocidad de 10km/h y las distancias son largas.
12	Configuración del plan de reserva ( la zona no acompaña el plan de reserva o el plan de reserva está mal conf)
13	Mercadería de stock dispersa por la rotación del producto (cambio de picking)
14	Mala configuración del ROP provoca aumento de la estiba de cajas
15	WMS no prioriza tareas que son de carácter inmediato
16	Digitan mal la zona de picking para la confirmación o digitan mal la zona pero físicamente lo coloca mal.

## Causas Potenciales:

- X1: Operador buscar al montacarguista para explicarle las tareas inmediatas
- X3: Demora en estibar las cajas al momento de hacer un reabastecimiento
- X7: A veces la zona está llena y se sustituye en un espacio para no dispersar la mercadería
- X9: El montacargas tiene un límite de velocidad de 10 km/h y las distancias son largas.
- X12: Operadores realizan largos recorridos para reabastecer los productos.
- X13: Mercadería de stock dispersa por la rotación del producto
- X14: Mala configuración del ROP provoca aumento de la estiba de cajas
- X15: WMS no prioriza tareas que son de carácter inmediato
- X16: Digitan mal la zona de picking para la confirmación o digitan mal la zona pero físicamente lo colocan mal.

A partir de las causas potenciales descritas, se llevó a cabo el plan de verificación de causas para las causas que se consideraron de mayor impacto en la Y, las cuales fueron:

**Tabla 1***Impacto de las Causas Potenciales y método de verificación*

Causa Potencial	Impacto de la X en la Y	Método
X12: Operadores realizan largos recorridos para reabastecer los productos.	Los operadores deben realizar largos recorridos para recoger o mover los pallets, por lo que se genera más tiempo que no agrega valor al proceso.	Diagrama de dispersión y coeficiente de correlación
X13: Stock de mercancía disperso debido a la rotación de productos (cambio de picking).	Cuando los productos están dispersos, los carretilleros se desplazan a varias zonas del almacén, lo que aumenta el tiempo dedicado a completar cada pedido de reposición	Diagrama de dispersión y coeficiente de correlación
X15: el sistema WMS no prioriza las tareas que son de carácter inmediato.	Cuando el WMS no prioriza las tareas urgentes, los supervisores deben intervenir manualmente para reasignarlas, con la consiguiente pérdida de tiempo y posibles errores de planificación.	Diagrama de dispersión y coeficiente de correlación

Se validaron las posibles causas identificadas para confirmar su impacto en la 'Y', donde se analizaron 178 datos proporcionados por el centro de distribución.

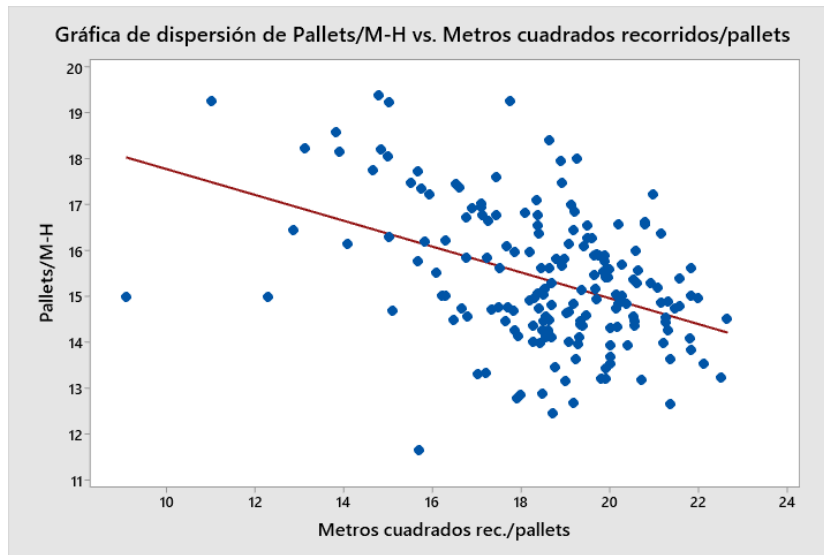
Causa X12: Operadores realizan largos recorridos para reabastecer los productos

Se implementó la matriz de dispersión (Figura 19) para la relación entre los metros cuadrados recorridos por pallet y la productividad (pallets/H-H), evaluando el

impacto de un plan de reservas mal diseñado. Si el plan no estaba configurado de forma óptima o las zonas asignadas no eran estratégicas, los operarios tenían que recorrer distancias más largas.

**Figura 19**

*Gráfica de dispersión de Pallets/HH vs m2 recorridos/pallets*



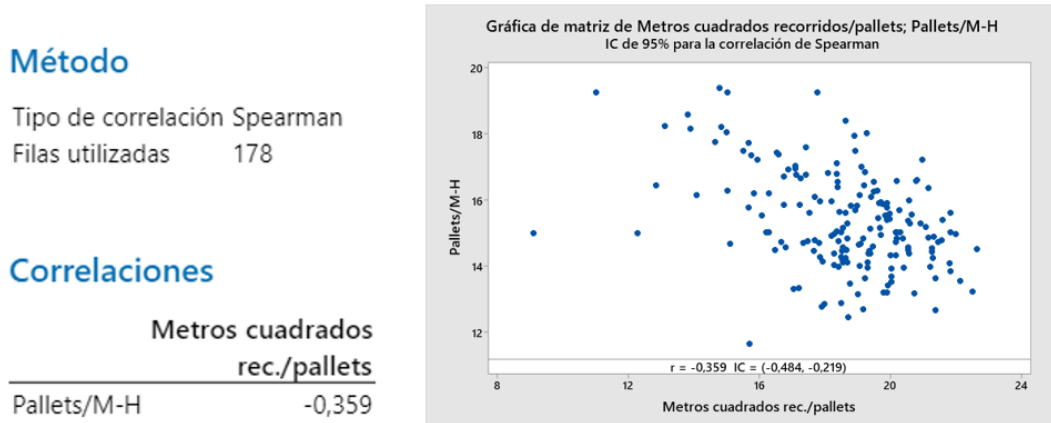
*Nota.* Se realizó la gráfica de dispersión de pallets/H-H

Esta hipótesis se confirmó con el uso del coeficiente de correlación de Spearman de -0.359 (figura 18), lo cual permitió concluir que había una relación negativa moderada entre los metros cuadrados recorridos por pallet y la productividad (pallets/M-H).

Este resultado confirmó que, a medida que aumentaban las distancias recorridas, disminuía la productividad. Esto validó que un plan de reservas mal configurado obligaba a los operarios a desplazarse más, lo que repercutía significativamente en una baja productividad.

**Figura 20**

Gráfica de matriz de m2 recorridos/pallets



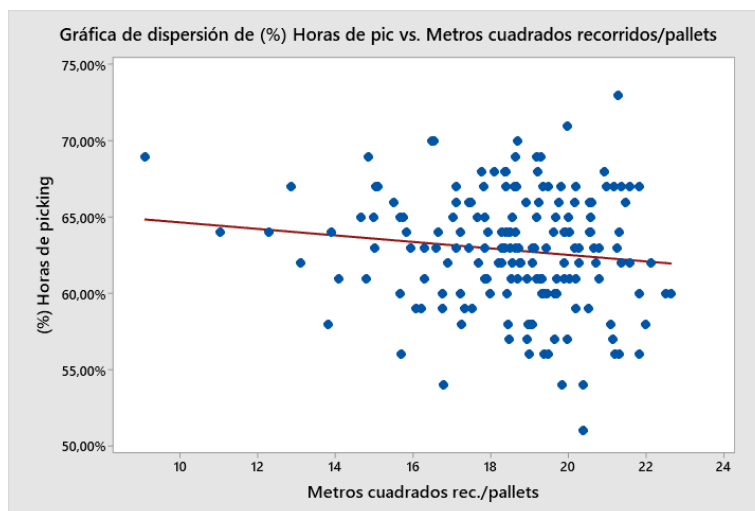
*Nota.* Se aplicó el tipo de correlación Spearman

Causa X13: Stock de mercancías disperso debido a la rotación de productos (cambio de picking)

Al igual que la causa anterior, se llevó a cabo la matriz de dispersión (Figura 21) donde analizó la relación entre los metros recorridos por pallets y el porcentaje de tiempo de picking, evaluando cómo afecta la dispersión de stock lleva a una baja productividad de los montacarguistas.

**Figura 21**

Gráfica de dispersión de (%) Horas de picking vs. m2 recorridos/pallets

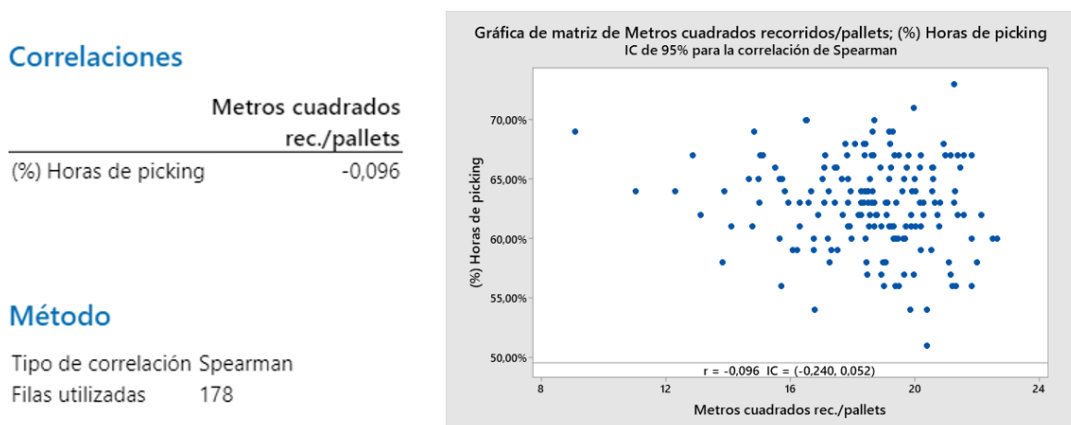


*Nota.* Se aplicó la gráfica de dispersión

El cual fue verificado por el coeficiente de correlación de Spearman (Figura 22), el cual fue de -0.096, lo que indicó una relación débil y negativa entre las dos variables. El resultado mostró que, a más metros recorridos, menor % de tiempo productivo; sin embargo, la relación fue insignificante, lo que redujo la probabilidad de que la dispersión de stocks fuera una causa significativa de la baja productividad del montacarguista.

**Figura 22**

Gráfica de matriz de m2 recorridos/pallets (%) Horas de picking



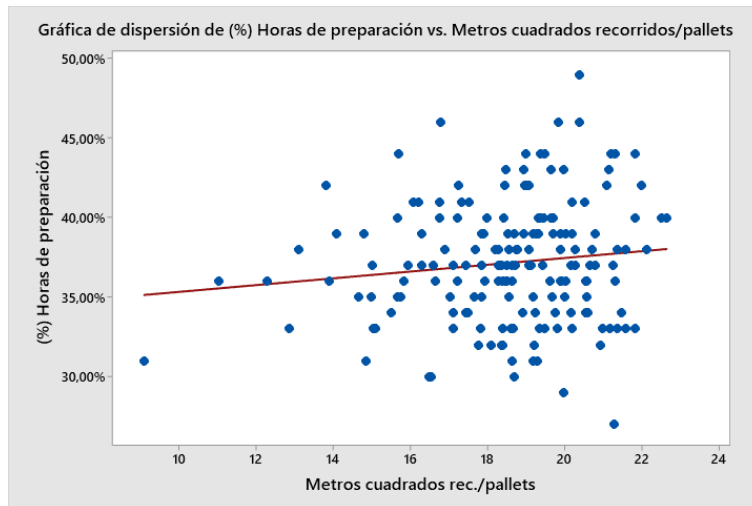
*Nota.* Se utilizó el tipo de correlación Spearman

Causa X15: El WMS no prioriza las tareas de carácter inmediato

Se realizó un gráfico de dispersión (Figura 23) para analizar la relación entre los metros cuadrados recorridos por pallet y el porcentaje de horas de preparación recorridas, teniendo en cuenta que, si el sistema no priorizaba las tareas críticas, los operarios podían dedicar más tiempo a desplazarse a lugares no prioritarios.

**Figura 23**

Gráfica de dispersión de Horas de preparación vs m2 recorridos/pallets

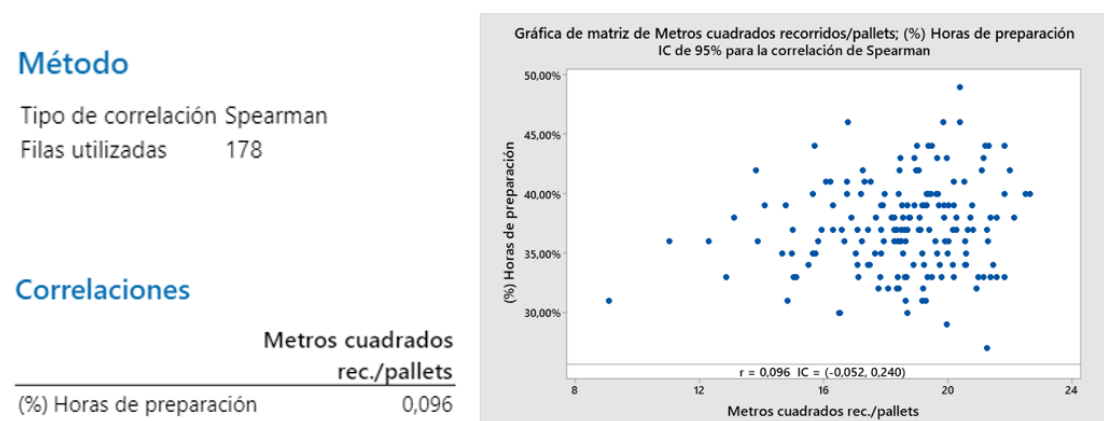


*Nota.* Se realizó la gráfica de dispersión

Po lo cual, se validó con el coeficiente de correlación de Spearman para cuantificar la relación, obteniéndose un valor de 0,096, lo que indicó una relación muy débil entre las dos variables.

**Figura 24**

Gráfica de matriz de m2 recorridos/pallets



*Nota.* Se usó la correlación de Spearman

A partir de este resultado, no se consideró significativo que el WMS no priorizara las tareas inmediatas como causa significativa de la baja productividad de los montacarguistas.

#### **2.4.1. Causa raíz**

Una vez que se determinó la causa con un impacto significativo en la productividad de los montacarguistas, se implementó la herramienta del “5 Why’s” a la causa número 12 en colaboración con el Asesor de la empresa para encontrar la causa raíz la cual quedó establecida como: El plan de reserva no se había actualizado desde su configuración inicial, lo que generaba un desajuste progresivo con las operaciones actuales del centro de distribución.



## **Capítulo 3**

### 3.1. Resultados y análisis

#### 3.1.1. Soluciones propuestas

Con base en el análisis realizado, se plantearon varias soluciones enfocadas en mitigar la causa raíz del problema, las cuales fueron:

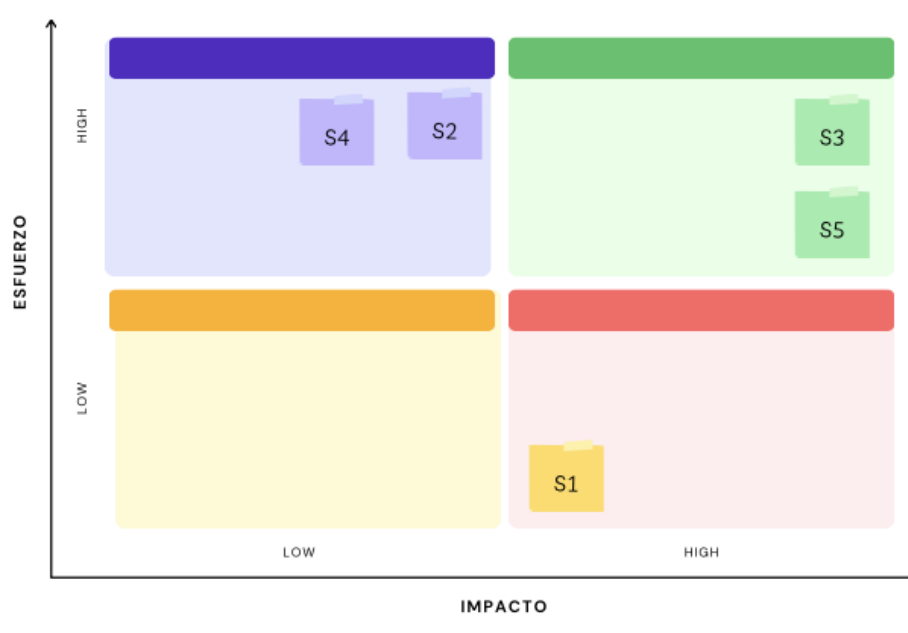
- S1: Generar procedimiento para realizar revisiones periódicas (semestral o anual) para evaluar la configuración del plan de reserva con las operaciones actuales y designar un equipo que realice el procedimiento.
- S2: Expandir el área de almacenamiento, para cuando existan cambios en la demanda, no se dispersen por toda la bodega.
- S3: Realizar mantenimiento al layout del centro de distribución para adaptar el diseño de las áreas de picking y reducir los desplazamientos.
- S4: Implementar un sistema de priorización basado en las ordenes de reabastecimiento con el fin de optimizar las rutas de los montacargas.
- S5: Revisión y actualización de la configuración actual del plan de reserva para reajustar la ubicación de productos de ser necesario.

Para escoger las soluciones más viables, se realizó un diagrama de impacto vs. esfuerzo con el equipo para su implementación, en donde las opciones que se implementaron son las soluciones 1 y 5, como se observa en la Figura 25.

Por lo que se procedió a trabajar con 2 soluciones: Configuración del Plan de Reserva y Generar el Procedimiento para la revisión periódica del Plan de Reserva.

**Figura 25**

*Matriz Impacto vs Esfuerzo de las Soluciones Propuestas*



*Nota.* El diagrama de impacto-esfuerzo analiza la mejor solución

Para cada solución se realizó el análisis de costos respectivos, los cuales son casi nulos debido a que se trabaja con personal capacitado y no hay integración de softwares de paga.

En la Configuración del Plan de Reserva los cambios implican configuraciones en el sistema WMS que es de uso actual de la empresa, y activar el sistema de alertas que también se encuentra incluido en el WMS. Por lo que los costos estimados se dan por el uso del personal que no estará realizando sus tareas diarias establecidas, sino realizando la actualización de los parámetros en el WMS. Tomando en cuenta que actualmente en Guayaquil, un analista de productividad percibe \$800 por mes trabajado, se asume que el gasto sería de \$38 por cada día de trabajo que será usado para actualizar los parámetros.

Para generar el procedimiento para la revisión periódica del Plan de Reserva los costos también son analizados en base a los Recursos Humanos, en este caso del

analista y del operador que en promedio gana \$703/mes laboral, dando un costo de \$71 para su implementación por cada día.

### 3.1.2. Plan de Implementación

Después de realizar los análisis correspondientes para las soluciones propuestas, se realizó el plan de implementación, en donde se detalla su importancia, como se llevó a cabo, dónde, la fecha en la que se implementó, los responsables y los costos, tal como se indica en la Figura 26.

**Figura 26**

*Plan de Implementación*

## PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

SOLUCIONES	POR QUÉ?	CÓMO?	DÓNDE?	CUÁNDO?	RESPONSABLE	COSTO
1. Configuración del plan de Reserva	Comprobar la configuración actual y adaptar las áreas de CD a los constantes cambios de la demanda.	Automatizando la recogida de informes y su respectivo análisis en función de la ocupación de las ubicaciones.	Área de stock de producto	Diciembre 26, 2024	Analista de Productividad	\$76
2. Procedimiento de Plan de Reserva	Verificar que el plan de Reserva se adapta a la demanda actual	Definición del Manual de procedimiento	Área de Slotting	10 de enero, 2025	Analista de Productividad/ Operador	\$71

*Nota.* Se detalla el plan para implementar las soluciones

### 3.1.3. Implementación de solución 1: Configuración del plan de Reserva

Para la implementación de la solución uno, se enfocó en dos puntos claves: automatización y análisis de datos.

Como primer paso, se configuró un archivo de Excel donde se agregan todos los informes a analizar, para esto, se utilizó la herramienta Power Query con el fin de poder enlazar el archivo de Excel a una carpeta y que el analista solo tenga que ingresar en esa carpeta los informes correspondientes al rango de tiempo por analizar.

Como resultado de ese enlace, el analista tendrá un informe recopilado de informes que mantienen el mismo formato dado que lo obtienen del WMS y se actualizará cada vez que el analista abra el archivo.

Figura 27

Hoja de excel con la resolución

Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	Fecha	Tipo	Stock	Descripcion	Ubicacion	Lote	Carga	Añoche	Mto. edificado	Zona	Fecha de inicio
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	2 20 439 14189700 DETERGENTE DEJA 2 KG BRISA DE PRIMAVERA C/TIQUE DE SUAVIZANTE	10100020	4036194	100	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	2 40 850 14176200 SUAVIZANTE AROMATIZADO DOPYACK 900 ML FORMAL	10100040		100	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	2 80 130 14176200 SUAVIZANTE AROMATIZADO DOPYACK 900 ML FORMAL	10100080		269	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	2 80 600 14176200 SUAVIZANTE PERLA DOPYACK 900 ML VAINILLA Y ALMONDAS	10100100		16653	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	6 20 98 14189400 ALCOHOL ANTISEPTICO WEIR 500 ML	10100620		1241136	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	6 40 3456 2570000 PILATO INFANTIL DE MELAMINE B+ JUST BABY SUFT-DIDO	10100640		100	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	6 80 1680 14188800 SUAVIZANTE PERLA DOPYACK 900 ML VAINILLA Y ALMONDAS	10100660		13372	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	6 80 800 14188800 SUAVIZANTE PERLA DOPYACK 900 ML VAINILLA Y ALMONDAS	10100680		100	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	10 20 280 14188800 DESINFECTANTE FORMALDEHIDO DOPYACK 200 ML LAVANDERIA	10100700		336544	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	10 40 872 14188800 LAVAVAJILLA EN CREMA ANION B50 G ALICE	10101040		4012	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	10 80 800 14182800 SUAVIZANTE PERLA DOPYACK 900 ML VAINILLA Y ALMONDAS	10101060		16843	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	10 80 720 99027000 RELIJO INTELIGENTE HOMETECH SUFT-DIDO	10101080		100	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	14 20 980 14189400 TALLAS SANITARIAS ANGELA 8 UNO INOCTURNAS MAS 8 INVISIBLES	10101420		20149261	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	14 60 1296 14187200 LAVAVAJILLA EN CREMA MAS ANION 500 G UVA	10101480		17819	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	14 80 600 14189400 TALLAS SANITARIAS ANGELA 8 UNO INOCTURNAS MAS 8 INVISIBLES	10101440		17275	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	18 20 240 14184000 DETERGENTE DEJA 1 KG X 3 BRISA DE PRIMAVERA C/TIQUE DE SUAVIZANTE	10101820	18/102	100	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	18 40 800 14189100 CLORO TIPS 1000 ML ORIGINAL	10101840		2402124	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	18 80 100 14189400 DETERGENTE DEJA 1 KG BRISA DE PRIMAVERA	10101860	40329268	100	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	18 80 2720 99027000 RELIJO INTELIGENTE HOMETECH SUFT-DIDO	10101880		100	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	20 20 390 14176200 SUAVIZANTE AROMATIZADO DOPYACK 900 ML FORMAL	10102120		889	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	20 40 950 13961000 AURICULARES INALAMBRICOS HOMTECH REF V153	10102240		100	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	22 80 140 14187200 SUPLENTO VINAGRE DE SIDRA DE MANZANA LA MILENARIA 20 G	10102280		2	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	22 80 80 13199000 ALMOHADILLA KONGA COM MEMORY TOMA ZAPERO	10102300		100	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	26 20 480 13199000 AURICULARES INALAMBRICOS HOMTECH REF T08	10102620		100	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	26 40 800 14189100 CLORO TIPS 1000 ML ORIGINAL	10102640		1402115	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	26 60 1872 14189400 TALLAS SANITARIAS ANGELA 14 UNO INVISIBLES	10102660		231802	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	26 80 840 14175000 SERVILETA MAS ANION 100 UNI	10102680		20140523	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	28 20 1872 14174000 JARON PEROLA B50 G X 3 BARBERO FALCE	10102690		21020504	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	40 80 3600 14121500 LAVAVAJILLA EN BARRA DEJA 500 G FORMAL	10103040		31102923	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	80 1344 14188800 SUAVIZANTE PERLA DOPYACK 900 ML BEBE	10103060		31840	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	80 80 800 14189100 CLORO TIPS 1000 ML ORIGINAL	10103080		100	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	94 20 330 14143300 LAVAVAJILLA EN CREMA ESTRELLA 900 G UVA MAS LAVAVAJILLA	10103420		2405194	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	94 40 100 14176200 ALCOHOL ANTISEPTICO WEIR 500 ML	10103440		2241207	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	94 80 980 14189400 TALLAS SANITARIAS ANGELA 8 UNO INOCTURNAS MAS 8 INVISIBLES	10103460		20149261	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	94 80 720 99027000 RELIJO INTELIGENTE HOMTECH SUFT-DIDO	10103480		100	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	98 20 1296 14187200 LAVAVAJILLA EN CREMA MAS ANION 500 G LIMON	10103820		17815	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	98 40 980 14189400 TALLAS SANITARIAS ANGELA 8 UNO INOCTURNAS MAS 8 INVISIBLES	10103840		20149261	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	98 60 1296 14187200 LAVAVAJILLA EN CREMA MAS ANION 500 G LIMON	10103860		17815	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	98 80 800 14189100 CLORO TIPS 1000 ML ORIGINAL	10103880		100	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	42 20 275 14188200 DETERGENTE SUFT 2 KG MANZANILLA	10104240	10611204	100	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	42 40 1872 14189400 TALLAS SANITARIAS ANGELA 14 UNO INVISIBLES	10104260		231802	100	185	PIE15	10/12/2023
Informe de ubicaciones CND 01-04-2024.xlsx	10/12/2023	LIBRE	100	42 80 800 14189100 CLORO TIPS 1000 ML ORIGINAL	10104280		100	100	185	PIE15	10/12/2023

Nota. Se observan los datos a procesar

Posterior a eso, se elaboró una tabla dinámica a partir de los informes recopilados con el fin de mostrar solo los campos relevantes y de manera automatizada donde el operador podrá ver los cambios con solo dar clic en la opción de “Actualizar todo”. Para esto, se usaron tres campos:

**Etiqueta de pasillo:** Identificación de pasillos en el Centro de Distribución.

**Contenedor id:** Recuento de ubicaciones ocupadas durante el intervalo de tiempo evaluado.

**Ubicaciones:** Recuento de ubicaciones disponibles durante el intervalo de tiempo evaluado.

Figura 28

Tabla dinámica

Etiquetas de fila	Etiquetas de columna Cuenta de Id contenedor LIBRE	Cuenta de Ubicación LIBRE	Total Cuenta de Id contenedor	Total Cuenta de Ubicación
101	166	180	166	180
102	299	262	299	262
103	396	455	396	455
105	419	452	419	452
107	693	762	693	762
108	316	360	316	360
109	337	362	337	362
110	389	342	389	342
111	396	469	396	469
112	471	549	471	549
114	447	538	447	538
115	483	559	483	559
117	266	286	266	286
119	445	500	445	500
121	119	203	119	203
300	53	46	53	46
301	399	423	399	423
302	1040	1065	1040	1065
303	212	246	212	246
305	309	334	309	334
307	416	429	416	429
308	264	276	264	276
309	255	278	255	278
310	238	266	238	266
311	327	352	327	352
312	342	411	342	411
314	232	352	232	352
315	267	390	267	390
317	147	199	147	199
319	394	457	394	457
320	265	337	265	337
321	297	408	297	408
322	218	402	218	402
323	290	407	290	407
324	201	275	201	275
325	213	284	213	284
326	193	285	193	285
327	175	280	175	280
328	176	257	176	257
329	217	278	217	278
330	120	276	120	276
331	100	276	100	276
332	183	276	183	276
333	218	387	218	387
334	222	404	222	404
335	200	402	200	402
336	238	402	238	402
337	138	138	138	138
500	4	4	4	4
501	13	61	13	61
502	22	192	22	192
503	53	207	53	207
505	163	194	163	194
507	369	389	369	389
508	826	833	826	833
509	478	496	478	496
510	164	181	164	181
511	222	240	222	240
512	209	209	209	209
514	168	249	168	249
515	161	230	161	230
517	178	267	178	267
519	100	222	100	222
520	153	212	153	212
521	162	195	162	195
522	141	188	141	188
523	81	141	81	141
524	68	129	68	129
525	177	338	177	338
526	95	287	95	287
527	92	289	92	289
528	68	184	68	184
529	122	132	122	132
530	121	241	121	241
531	88	240	88	240
532	103	307	103	307
533	137	269	137	269
534	157	310	157	310
535	72	144	72	144
536	38	144	38	144
537	7	70	7	70
800	1	1	1	1
<b>Total general</b>	<b>19073</b>	<b>25732</b>	<b>19073</b>	<b>25732</b>

Nota. La tabla ayuda a filtrar los datos necesarios

Finalmente, se elaboró una tabla de datos donde se puede ver la utilización por pasillo mediante la fórmula

$$\begin{aligned}
 \text{utilización} &= \frac{\text{Contenedor id}}{\text{Ubicaciones}} * 100\% \text{utilización} \\
 &= \frac{\text{Contenedor id}}{\text{Ubicaciones}} * 100\% \tag{3,1}
 \end{aligned}$$

Figura 29

Tabla de utilización

PASILLOS	ID CONTENEDORE	UBICACIONES LIM	UTILIZACIÓN
101	166	180	92%
102	293	362	81%
103	396	455	87%
105	419	452	93%
107	693	762	91%
108	316	360	88%
109	337	362	93%
110	289	342	85%
111	396	469	84%
112	471	549	86%
114	447	528	85%
115	483	559	86%
117	266	288	92%
119	445	500	89%
121	119	203	59%
125	33	46	72%
300	399	423	94%
301	1040	1065	98%
302	322	346	93%
303	309	334	93%
305	416	429	97%
307	264	276	96%
308	255	278	92%
309	238	266	89%
310	327	352	93%
311	342	411	83%
312	232	352	66%
314	267	300	68%
315	147	199	74%
317	394	457	86%
319	265	337	79%
320	297	408	73%
321	232	402	58%
322	290	407	71%
323	201	275	73%
324	213	284	75%
325	193	285	68%
326	175	280	63%
327	176	267	66%
328	217	278	78%
329	120	276	43%
330	100	276	36%
331	183	276	66%
332	218	387	56%
333	222	404	55%
334	200	402	50%
335	238	402	59%
336	0	138	0%
337	4	4	100%
500	13	92	14%
501	22	192	11%
502	53	207	26%
503	163	194	84%
505	369	389	95%
507	826	833	99%
508	478	486	98%
509	164	181	91%
510	222	240	93%
511	209	265	79%
512	168	249	67%
514	161	250	64%
515	178	267	67%
517	100	222	45%
519	153	212	72%
520	162	195	83%
521	141	188	75%
522	81	141	57%
523	68	129	53%
524	177	328	52%
525	95	287	33%
526	92	289	32%
527	68	184	37%
528	122	193	63%
529	121	241	50%
530	88	240	37%
531	103	307	34%
532	137	269	51%
533	157	310	51%
534	72	144	50%
535	38	144	26%
536	7	70	10%
537	0	1	0%

*Nota.* Calcula el porcentaje de utilización de los pasillos

Con los datos obtenidos del % de utilización, se integra en la opción capacidad y dimensión del WMS en Stock Locator. Para especificar las restricciones de capacidad de este localizador, se selecciona la pestaña Capacidad y se introduce la información sobre volumen, peso, número de unidades y capacidad que puede almacenarse en este localizador. En la región Dimensiones, se especifica las dimensiones del localizador que se utilizan para calcular la capacidad disponible en el

localizador, de forma que el sistema pueda sugerir ubicaciones de almacenamiento de material en las que haya suficiente espacio disponible.

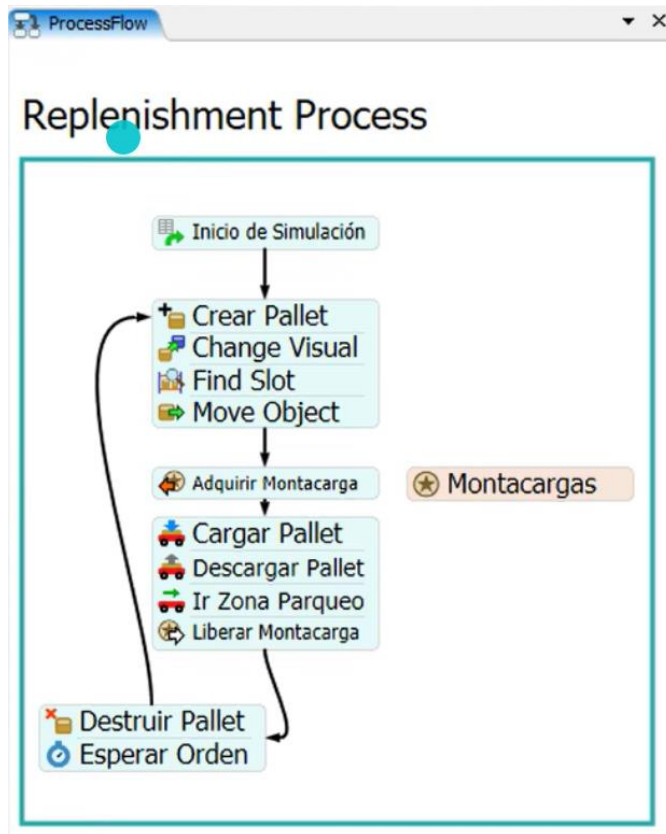
Teniendo como beneficios esperados:

- Simplificación del funcionamiento para los supervisores.
- Mejora de la previsión de capacidad.
- Mayor fiabilidad en la toma de decisiones basada en datos

Con el fin de saber si la solución era viable, se implementó una simulación en el programa “Flexsim”, configurando todo el proceso de reabastecimiento mediante la opción “ProcessFlow” con el objetivo de que el proceso sea lo más real posible.

**Figura 30**

*Programación del proceso de reabastecimiento del montacarguista*



*Nota.* Sigue el proceso del montacarguista



### ***3.1.4. Implementación de Solución 2: Generar el Procedimiento para la revisión periódica del Plan de Reserva***

El objetivo de implementar un procedimiento de revisión periódica fue asegurar que el Plan de Reserva sea actualizado constantemente para reflejar los requerimientos de la rotación de producto.

Se definieron objetivos, alcance, responsabilidades, procedimiento, indicadores de medición y su respectivo control de cambios.

Entre los responsables de llevar a cabo el procedimiento, se encuentran: el Gerente de Ingenierías y los analistas de productividad.

Los pasos a seguir para el procedimiento se dividen en: Planificación, para asegurar la disponibilidad de los recursos necesarios, de manera semestral; Recolección de datos del sistema, Evaluación de la rotación de los productos, actualización en el sistema de ser necesario y por último, la creación de reportes, incluyendo hallazgos y acciones correctivas realizadas.

Un plan piloto fue desarrollado para asegurar que el procedimiento sea viable y eficaz, de modo que permanezca en la empresa para su uso continuo, el cual dio un resultado favorable.

El manual de procedimientos se encuentra en Apéndice 1.

Dado que el Plan de Reserva nunca ha sido actualizado, el procedimiento será útil para que el analista de productividad lo realice cada 6 meses.

### 3.2. Resultados

Para alcanzar los resultados propuestos, se optó por la simulación del proceso de reabastecimiento en flexim. Con esto en mente, se implementó la prueba Rmin con el fin de poder determinar el número de simulaciones a realizar.

Con ese propósito, se tomó una muestra de 30 datos de la productividad histórica manejando un error del 0.75% y un nivel de confianza del 95% consiguiendo así 14 simulaciones a implementar.

Una vez realizada las 14 simulaciones, se obtuvo como resultado los porcentajes de horas efectivas denominadas “Tiempo de picking” dado que es uno de los parámetros que se usa dentro de los informes de productividad del Centro de Distribución.

Con el objetivo de determinar si hubo un incremento en la productividad, se ejecutó la prueba estadística “Mann-Whitney”, donde se define las muestras

$n_1 = \text{mediana de productividad actual}$

$n_2 = \text{mediana de productividad futura}$

Además, se estipuló las siguientes hipótesis:

$$H_0: n_1 - n_2 = 0 \quad (3, 2)$$

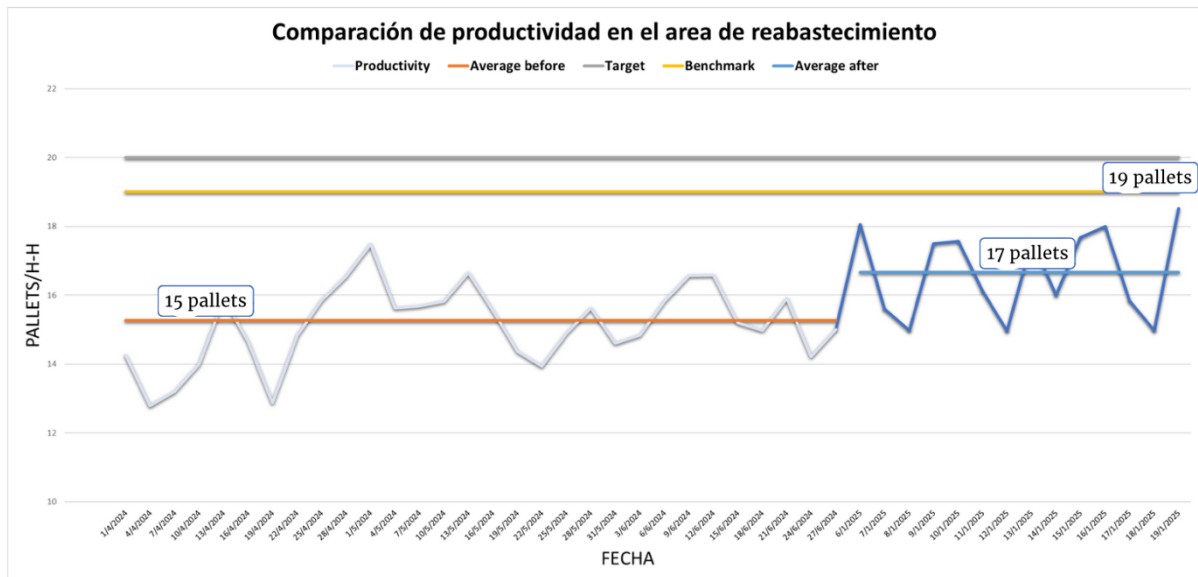
$$H_1: n_1 - n_2 \neq 0 \quad (3, 3)$$

Finalmente, con un nivel de confianza del 95%, se obtuvo un p-value de 0.00 concluyendo que la diferencia de medianas es significativa, evidenciado en el aumento de 2 pallets/H-H.

Adicional, se elaboró una serie de tiempo comparando la productividad actual y futura con el fin de analizar y comprender cómo la productividad cambia a lo largo del tiempo.

**Figura 31**

*Comparación de las medias*



*Nota.* Se observa el cambio de media, de 15 a 17 pallets

### 3.2.1. Métricas triples: Resultados

Los resultados de las métricas triples se calcularon reemplazando los valores de los reportes analizados en excel, de acuerdo con los valores de la simulación realizada en el software Flexsim, obteniendo como resultado:

Económica: El número de pallets reabastecidos por H-H incrementó de 15 a 17 pallets/HH, generando una mejora en la productividad operacional debido a que más pallets son reabastecidos en menor tiempo.

Con el incremento de 2 pallets, se calculó la reducción de costos operacionales de 11,83%.

**Social:** Se incrementó la eficiencia operativa 16% mediante la reducción de tiempos de viaje, aumentando la comodidad del operador para mejorar la satisfacción del trabajo.

**Ambiental:** Se obtuvo un aumento de eficiencia energética de los montacargas de 16,49% al reducir la distancia recorrida por los montacargas.

### 3.3. Control

El último paso de la metodología DMAIC se enfoca en llevar un control adecuado de las soluciones para comprobar que serán factibles a largo plazo.

Para el plan de control de las soluciones implementadas, se definieron las acciones llevadas a cabo, en el caso de la configuración del plan de reserva, se llevará un control para comprobar y actualizar la configuración, así como reajustar y alinear la colocación de productos si es necesario. Se definieron responsables, la importancia de llevar el control, cómo se lo llevaría a cabo, la frecuencia con la que se realizará y en dónde será realizado, como se indica en la Figura 33.

**Figura 32**

*Plan de Control*

Plan de Control								
SOLUCIONES	QUÉ?	QUIÉN?	POR QUÉ?	CÓMO?	CUÁNDO?	DÓNDE?	FRECUENCIA	Estado
1. Configuración del plan de Reserva	Comprobar y actualizar la configuración actual del Plan de Reserva para reajustar y alinear la colocación del producto si es necesario.	Analista de Productividad	Garantizar que la configuración de las áreas de CD se adapta a los constantes cambios de la demanda	Automatizando la recogida de informes y su respectivo análisis en función de la ocupación de las localidades.	Cada 12 meses	Product stock area	Una vez al año	Implementado
2. Procedimiento del Plan de Reserva	Seguir el procedimiento de revisiones periódicas (semestrales) para evaluar la configuración del plan de copias de seguridad con las operaciones actuales y designe un equipo para gestionar el procedimiento.	Analista de Productividad	Comprobar que el plan de reserva se adapta a la demanda actual	Siguiendo el procedimiento semestral establecido	Cada 6 meses	Slotting area	Dos veces al año	Implementado

*Nota.* El plan de control servirá para garantizar la solución a largo plazo

**Figura 33***Indicadores del plan de control*

SOLUCIONES	INDICADOR	ALERTA EN EL WMS
1. Configuración del plan de Reserva	<p>Porcentaje de capacidad por zona:  <math>(\text{Inventario\_actual} / \text{Capacidad\_máxima})</math>            Ocupación alta: <math>(\text{Inventario\_actual} / \text{Capacidad\_máxima}) &gt; 0,95</math>            Ocupación baja: <math>(\text{Inventario\_actual} / \text{Capacidad\_máxima}) &lt; 0,5</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Activar en el módulo de Gestión de Ubicaciones el seguimiento de la capacidad por zonas.</li> <li>• Configure estas reglas en el Motor de Reglas del SGA.</li> <li>• Configure las dos reglas con los umbrales definidos (95% y 50%).</li> <li>• Defina las acciones automáticas (notificaciones)</li> </ul>
2. Procedimiento del Plan de Reserva	<p>Alerta de desajuste entre el inventario físico y el registrado:            Diferencia entre inventario físico y registrado superior al 10%.  <math>=(\text{Inventario\_físico} - \text{Inventario registrado}) * 100 / \text{Inventario registrado}</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se configura en el módulo Inventario el ciclo de recuento por zonas o ubicaciones críticas.</li> <li>• Configurar frecuencias (mensual)</li> <li>• Configura la regla de discrepancia:</li> <li>• Navega al módulo de gestión de reglas de negocio.</li> <li>• Configura un informe mensual con:</li> <li>• Ubicaciones con discrepancias mayores al 10%.</li> <li>• Detalles de inventario físico y registrado</li> </ul>

*Nota.* Se configuran las alertas en el sistema de gestión del almacén

Así también, se configuraron indicadores de Porcentaje de capacidad por zona y Alerta de desajuste entre el inventario físico y el inventario registrado, los cuales fueron ingresados como alertas en el sistema WMS; Con la finalidad de recibir notificaciones en caso de encontrar variaciones que necesiten ser revisadas antes de la fecha de control estipulada (6 meses, 1 año).

## **Capítulo 4**

## **4.1. Conclusiones y recomendaciones**

### ***4.1.1. Conclusiones***

- Se incrementó la productividad de los montacarguistas en el proceso de reabastecimiento en un 15%, implementando mejoras en el trazado de rutas de los montacarguistas, el plan de reserva y la priorización de la agrupación de palés en volúmenes mayores, aprovechando las capacidades actuales del sistema de gestión de almacenes (SGA).
- Se descubrió que la causa principal de la baja productividad de las carretillas elevadoras se debía a las largas distancias recorridas por los carretilleros cuando seguían las indicaciones del sistema de gestión.
- Se identificaron rutas más eficientes para reducir el tiempo de inactividad en el proceso de reabastecimiento.
- Se implantó una estrategia de consolidación de productos analizando el % de utilización para evitar que palés de la misma estadística (sku) se distribuyeran en distintas zonas del almacén.
- Se realizaron ajustes en el sistema de gestión configurando la capacidad de los pasillos, mejorando la asignación de la ubicación de los productos y garantizando que los productos no se colocan en pasillos demasiado alejados de la zona de picking.

### ***4.1.2. Recomendaciones***

- Implementar una estrategia de consolidación de productos efectiva, disminuye la probabilidad que los productos de la misma familia se dispersen por todo el Centro de Distribución.

- Se recomienda una personalización más detallada de los parámetros que son ingresados al plan de Reserva para obtener mejores resultados al momento de almacenarlos.
- Realizar una actualización periódica de la configuración del Plan de Reserva de manera que se adapten a los cambios en la demanda, para mantener la productividad de los operadores.
- Considerar la implementación de un sistema de priorización de los pedidos para evitar apilamiento innecesario de pallets cuando no contienen productos que no son de carácter urgente para el proceso.
- Se recomienda que se actualice el diseño de la bodega con el nuevo porcentaje de utilización para adaptar las zonas de forma física, con el fin de optimizar los pasillos y zonas asignadas a cada SKU.



## Referencias

George, M. L., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook*. McGraw-Hill.

Montgomery, D. C. (2012). *Introduction to Statistical Quality Control*. Wiley.

Pyzdek, T., & Keller, P. A. (2014). *The Six Sigma Handbook*. McGraw-Hill Education.

Harry, M., & Schroeder, R. (2000). *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. Currency.

Breyfogle, F. W. (2003). *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*. Wiley.

Becker, L. T., & Gould, E. M. (2019). Microsoft Power BI: Extending Excel to Manipulate, Analyze, and Visualize Diverse Data. *Serials Review*, 45(3), 184-188. <https://doi.org/10.1080/00987913.2019.1644891>

Saúl, M. P. (2016). *Tablas dinámicas para optimizar toma de decisiones en perforación y voladura en Consorcio Minero Horizonte S.A.* <http://hdl.handle.net/20.500.12894/3896>

Alejandra, A. G. G., Jaime, G. L., & Jenyfer, M. L. (2023, 5 julio). *Plan de implementación de un sistema WMS, para mejorar la gestión logística en la empresa ALPAPEL SAS.* <http://hdl.handle.net/10882/12782>

## Apéndice A

*Manual de Procedimiento: Revisiones periódicas de Configuración del Plan de Reserva*

<b>Manual de Procedimiento</b>		
<b>Revisiones Periódicas de Configuración del Plan de Reserva</b>	<b>Código</b>	
	<b>Versión</b>	01
	<b>Fecha</b>	13-dic-2024
<b>Derechos de Autor</b>	El contenido de este Documento es confidencial, por lo cual no debe ser reproducido o distribuido a terceras partes sin previa autorización. Todos los derechos pertenecen a la Compañía.	
<b>Área que Elabora</b>	Externos	Firmas
<b>Autor</b>	Adrián Villalta, Stephanie Rosales	
<b>Revisión</b>	Analista de Productividad	
<b>Aprobación</b>	Gerente de Ingenierías	

### Tabla de Contenido

1. OBJETIVOS .....	2
2. ALCANCE .....	2
3. RESPONSABILIDADES .....	2
4. DEFINICIONES .....	2
5. PROCEDIMIENTO .....	3
6. INDICADORES .....	8
7. REFERENCIAS .....	8
8. REGISTROS .....	8
9. CONTROL DE CAMBIOS .....	9

**1. OBJETIVOS**

Garantizar que el Plan de Reserva sea actualizado constantemente para reflejar los requerimientos actuales de la rotación del producto y que las actualizaciones se registren correctamente en el sistema Oracle Warehouse Management System (WMS).

**2. ALCANCE**

Las disposiciones contenidas en el presente procedimiento son de aplicación obligatoria a los trabajadores que laboran en la empresa, bajo cualquiera de sus modalidades de contratación.

**3. RESPONSABILIDADES****3.1 Gerente de Ingenierías:**

Revisar y aprobar documentos de su proceso.

**3.2 Analista de Productividad:**

Verificar cumplimiento de este procedimiento.

**4. PROCEDIMIENTO****5.1. Planificación**

- 5.1.1. Establecer revisiones semestrales para evaluar el cumplimiento del plan de reserva.
- 5.1.2. Asegurar la disponibilidad de equipos y personal necesario.
- 5.1.3. Coordinar horarios para evitar interrupciones en las operaciones diarias.
- 5.1.4. Confirmar el acceso de los usuarios al módulo de "Planificación" del WMS Oracle y garantizar la configuración adecuada de permisos.

**5.2. Recolección de datos**

- 5.2.1. Descargar informes de rotación de productos desde el módulo de "informes" en el WMS.
- 5.2.2. Preparar registros históricos de movimientos en las zonas de reserva utilizando los datos exportados del WMS.

### 5.3. Evaluar la rotación de productos

- 5.3.1. Identificar productos con variaciones significativas en la demanda mediante el análisis de los datos descargados.
- 5.3.2. Verificar los productos en alta, media y baja rotación según los datos clasificados en el Inventario ABC del WMS.
- 5.3.3. Inspeccionar la ocupación actual de cada zona utilizando los reportes de ubicación generados por el WMS.
- 5.3.4. Identificar desajustes entre el plan de reserva y el uso real del espacio, documentando inconsistencias directamente en el sistema.
- 5.3.5. Comparar la capacidad de almacenamiento con las necesidades actuales usando el módulo "Capacidad y Almacenamiento".
- 5.3.6. Ajustar zonas para productos con alta demanda estacional en el sistema.
- 5.3.7. Desplazar productos de baja rotación a zonas periféricas actualizando las ubicaciones en el WMS.

### 5.4. Actualizar en el WMS

- 5.4.1. Registrar las nuevas ubicaciones en el sistema a través del módulo "Gestor de ubicaciones".
- 5.4.2. Validar que las ubicaciones estén correctamente asociadas a los productos, asegurándose que reflejen los cambios en los informes de ubicación.
- 5.5. Recoger observaciones de los operadores.
- 5.6. Crear un informe detallado de cada revisión, incluyendo hallazgos y acciones correctivas, incorporando capturas de pantalla o reportes generados en el WMS como evidencia.
- 5.7. Revisar el cumplimiento de los indicadores de desempeños definidos.

## 5. INDICADORES

- Distancia promedio recorrida por montacargas: Reducir en un 15%-20%.
- Productividad del picking: Incrementar en un 10%-15%.

## 6. CONTROL DE CAMBIOS

Fecha de Actualización (dd/mm/yyyy)	Actualizado por (Autor)	Cambios Realizados	Versión #
13/12/2024	Externos	Documento nuevo	01