

**Escuela Superior Politécnica del Litoral**

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

Aumento de la productividad en el despacho de unidades en un centro de distribución

INGE – 2914

**Proyecto Integrador**

Previo la obtención del Título de:

**Ingenieros Industriales**

Presentado por:

Tania Melisa Guzmán Baque

José David Sancho Torres

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

## Dedicatoria

---

Dedico mi esfuerzo de toda mi trayectoria universitaria en primer lugar a Dios, por haberme dado la fortaleza y la sabiduría necesarias para superar cada obstáculo y llegar hasta este momento tan especial.

A mi mamá, por su amor infinito, su paciencia, apoyo, sus sacrificios incansables y por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo y perseverancia.

A mi tía Aracely, quien con su cariño, apoyo y consejos ha estado siempre presente.

A mis abuelos, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida.

***Tania Melisa Guzmán Baque***

## Dedicatoria

---

Dedico este proyecto integrador y los años de mi carrera, en primer lugar, a mis padres José Sancho Orellana y Caty Torres Ortíz, y a mis hermanos Michael Sancho Torres y Jacob Sancho Torres, quienes con su apoyo, cariño y consejos me han permitido llegar lejos, tanto profesionalmente como personalmente.

A mi esposa, Tábata Vélez Vallejo, por haberme ayudado a sobrellevar situaciones, y brindarme su amor con hechos cada día.

A mis abuelos, abuelas, tías, en especial Gisella Torres y María Montoya; a mis tíos, que han brindado su aliento; a mis primas, en especial Maite y Karla; y a mis primos, en especial Paúl, Alan y Ronald han hecho estos años divertidos con sus ocurrencias.

A mis amigos, en especial Anthony Terreros, Ronny Aveiga y Carlos Serrat; y a mis amigas, en especial Doménica Zavala y Ariana Flores, con quienes he compartido reuniones en las cuales han demostrado que existe una verdadera amistad.

***José David Sancho Torres***

## Agradecimiento

---

Quiero agradecer a mi mamá por su apoyo constante y por enseñarme a perseverar ante cualquier dificultad. Su esfuerzo y dedicación han sido mi mayor motivación para alcanzar mis metas.

A mis abuelitos, mis tíos y mis primos por estar siempre presentes en cada etapa de mi vida, por creer en mí y brindarme su apoyo incondicional.

***Tania Melisa Guzmán Baque***

## Agradecimiento

---

Quiero agradecer a mi familia, que me ha brindado no solo los recursos para seguir adelante con mis estudios, sino también ese amor incondicional que, frente a toda adversidad, me permite saber que siempre puedo contar con ellos; y ahora que la familia crece con Alina Sancho.

A mi esposa, por permitirme estar a su lado y formar parte de su familia, compartir momentos inigualables, brindarme su apoyo profesional y personal, y demostrar que todo se puede arreglar conversando.

A mis amigos, que han demostrado que siempre es un buen momento para disfrutar, ya sea jugando Play, tomando algo o sencillamente conversando.

A mis compañeros de universidad — Asanza, Xavier, Stephanie, Rigoberto, Madeleine, Harry, Karelys, Rosita, Claudio, Gustavo, Daniel y Tania— por regalarme momentos de risa compartida.

***José David Sancho Torres***

## Declaración Expresa

---

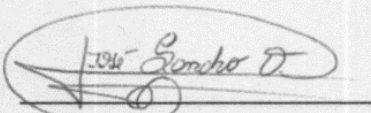
Nosotros José David Sancho Torres y Tania Melisa Guzmán Baque acordamos y reconocemos que:

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.

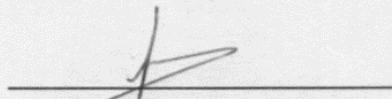
En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autor/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa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

Guayaquil, jueves 22 de mayo del 2025.



---

José David Sancho Torres



---

Tania Melisa Guzmán Baque

## **Evaluadores**

---

**PhD. María Denise Rodríguez Zurita**

Profesora de Materia

---

**MSc. María Belén Segovia**

Tutora de proyecto

## Resumen

El proceso de despacho en un centro de distribución presenta retrasos que afectan la eficiencia operativa. El proyecto tiene como objetivo reducir el tiempo promedio de despacho en un 20 % mediante la metodología DMAIC. Se identificaron como causas principales la ubicación inexacta de productos, la información de inventario no confiable, la saturación de pasillos y las largas distancias recorridas por los operadores. Para dar solución, se desarrolló un modelo de optimización en Python basado en el Problema del Agente Viajero, que permitió mejorar las rutas de picking. La implementación logró reducir los tiempos de despacho en un 17 % y aumentar la productividad en un 30 %. También se obtuvo un ahorro mensual de 5.000 dólares en horas extras y una disminución de 2.640 kilovatios en consumo energético. Se concluye que el modelo mejora la eficiencia del proceso, es escalable y puede aplicarse en operaciones similares.

**Palabras clave:** DMAIC, despacho, rutas de picking, eficiencia operativa.



### **Abstract**

*The dispatch process in a distribution center presents delays that affect operational efficiency. The project aims to reduce the average dispatch time by 20% through the application of the DMAIC methodology. The main causes identified include inaccurate product location, unreliable inventory information, aisle congestion, and long distances traveled by operators. To address these issues, an optimization model was developed in Python based on the Traveling Salesman Problem, which improved the picking routes. The implementation achieved a 17% reduction in dispatch times and a 30% increase in operator productivity. Additionally, a monthly savings of 5,000 dollars in overtime costs and a reduction of 2,640 kilowatt-hours in energy consumption were obtained. It is concluded that the model enhances process efficiency, is scalable, and can be applied to similar operations.*

**Keywords:** *DMAIC, dispatch, picking routes, operational efficiency.*

## Índice general

|                                                           |      |
|-----------------------------------------------------------|------|
| Resumen .....                                             | I    |
| Abstract .....                                            | II   |
| Índice general.....                                       | III  |
| Abreviaturas.....                                         | V    |
| Simbología .....                                          | VI   |
| Índice de figuras.....                                    | VII  |
| Índice de tablas .....                                    | VIII |
| Capítulo 1 .....                                          | 1    |
| 1        Introducción .....                               | 2    |
| 1.1        Descripción del problema .....                 | 2    |
| 1.2        Justificación del problema .....               | 3    |
| 1.3        Objetivos .....                                | 4    |
| 1.3.1        Objetivo general.....                        | 4    |
| 1.3.2        Objetivos específicos .....                  | 4    |
| 1.4        Marco teórico .....                            | 4    |
| 1.4.1        Metodología DMAIC.....                       | 4    |
| 1.4.2        Voz del Cliente .....                        | 5    |
| 1.4.3        SIPOC .....                                  | 5    |
| 1.4.4        Brainstorming .....                          | 5    |
| 1.4.5        Análisis de capacidad.....                   | 5    |
| 1.4.6        Gemba .....                                  | 5    |
| 1.4.7        5 Porqués.....                               | 6    |
| 1.4.8        Problema del Agente Viajero .....            | 6    |
| Capítulo 2 .....                                          | 7    |
| 2        Metodología .....                                | 8    |
| 2.1        Definir .....                                  | 8    |
| 2.1.1        Diagramación del proceso (SIPOC).....        | 8    |
| 2.1.2        Voz del cliente.....                         | 9    |
| 2.1.3        Diagrama de afinidad.....                    | 11   |
| 2.1.4        Árbol CTQ .....                              | 12   |
| 2.1.5        Definición de la variable de respuesta ..... | 13   |
| 2.2        Medición .....                                 | 14   |
| 2.2.1        Plan para la recolección de datos .....      | 14   |

|              |                                                                    |    |
|--------------|--------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.2        | Estratificación por unidad de negocio.....                         | 15 |
| 2.2.3        | Pruebas de normalidad.....                                         | 17 |
| 2.3          | Análisis .....                                                     | 23 |
| 2.3.1        | Brainstorming .....                                                | 23 |
| 2.3.2        | Diagrama de Ishikawa.....                                          | 24 |
| 2.3.3        | Matriz Causa-Efecto .....                                          | 25 |
| 2.3.4        | Plan de verificación de causas .....                               | 26 |
| 2.3.5        | Cinco porqués .....                                                | 29 |
| Capítulo 3   | .....                                                              | 31 |
| 3            | Resultado y análisis.....                                          | 32 |
| 3.1          | Mejora.....                                                        | 32 |
| 3.2          | Soluciones potenciales .....                                       | 32 |
| 3.3          | Análisis financiero .....                                          | 33 |
| 3.4          | Clasificación de soluciones.....                                   | 34 |
| 3.5          | Plan de implementación.....                                        | 35 |
| 3.6          | Implementación de solución .....                                   | 36 |
| 3.6.1        | Definir rutas de picking optimizadas para cada orden o lista ..... | 37 |
| 3.7          | Resultados de implementación .....                                 | 41 |
| 3.7.1        | Gráficos de control.....                                           | 45 |
| 3.7.2        | Análisis de capacidad.....                                         | 47 |
| 3.7.3        | Triple Bottom Line.....                                            | 48 |
| Capítulo 4   | .....                                                              | 50 |
| 4            | Conclusiones y recomendaciones .....                               | 51 |
| 4.1          | Conclusiones .....                                                 | 51 |
| 4.2          | Recomendaciones .....                                              | 52 |
| Bibliografía | .....                                                              | 53 |

**Abreviaturas**

|       |                                                |
|-------|------------------------------------------------|
| CTQ   | Critical to Quality                            |
| DMAIC | Define, Measure, Analysis, Improve and Control |
| SIPOC | Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customer  |
| SKU   | Stock Keeping Unit                             |
| TBL   | Tripple Bottle Line                            |
| VOC   | Voice of Customer                              |

**Simbología**

|     |         |
|-----|---------|
| h   | Horas   |
| min | Minutos |

## Índice de figuras

|                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1:</b> Diagramación del proceso (SIPOC) del proceso de despacho.....                      | 8  |
| <b>Figura 2:</b> Flujograma del proceso de despacho .....                                           | 9  |
| <b>Figura 3:</b> CTQs tree (árbol de críticos de la calidad) .....                                  | 12 |
| <b>Figura 4:</b> Estratificación por cantidad de artículos despachados por unidad de negocios ..... | 15 |
| <b>Figura 5:</b> Estratificación por tiempo de despacho por unidad de negocios .....                | 16 |
| <b>Figura 6:</b> Diagrama de barras de selección de unidad de negocio.....                          | 17 |
| <b>Figura 7:</b> Gráfica de caja del tamaño de muestra .....                                        | 18 |
| <b>Figura 8:</b> Gráfico de dispersión del tiempo de despacho por SKU .....                         | 19 |
| <b>Figura 9:</b> Gráfico de control del valor individual de la variable de respuesta.....           | 19 |
| <b>Figura 10:</b> Gráfico de control de la variabilidad del proceso .....                           | 20 |
| <b>Figura 11:</b> Análisis de capacidad de la variable de respuesta.....                            | 20 |
| <b>Figura 12:</b> Gráfica de probabilidad del tiempo de picking .....                               | 21 |
| <b>Figura 13:</b> Gráfica de probabilidad del tiempo de consolidación.....                          | 22 |
| <b>Figura 14:</b> Gráfica de probabilidad del tiempo de chequeo.....                                | 22 |
| <b>Figura 15:</b> Diagrama de Ishikawa.....                                                         | 24 |
| <b>Figura 16:</b> Ubicación inexacta del producto .....                                             | 28 |
| <b>Figura 17:</b> Información inexacta del inventario .....                                         | 28 |
| <b>Figura 18:</b> Infraestructura limitada para el volumen de productos manejados.....              | 29 |
| <b>Figura 19:</b> Matriz Impacto-Esfuerzo de las propuestas de solución.....                        | 34 |
| <b>Figura 20:</b> Clasificación por costos de las propuestas de solución.....                       | 35 |
| <b>Figura 21:</b> Diseño digital del almacén.....                                                   | 37 |
| <b>Figura 22:</b> Señalización de los espacios de tránsito en la bodega .....                       | 38 |
| <b>Figura 23:</b> Matriz distancia entre bloques .....                                              | 39 |
| <b>Figura 24:</b> Lista de picking original .....                                                   | 40 |
| <b>Figura 25:</b> Lista de picking optimizada .....                                                 | 40 |
| <b>Figura 26:</b> Lista de picking para prueba piloto.....                                          | 41 |
| <b>Figura 27:</b> Recorrido del operador con lista de picking original.....                         | 42 |
| <b>Figura 28:</b> Recorrido del operador con lista de picking optimizada.....                       | 43 |
| <b>Figura 29:</b> Tiempo de la lista de picking original y optimizada .....                         | 44 |
| <b>Figura 30:</b> Serie de tiempo del tiempo de despacho antes y después de la mejora .....         | 45 |
| <b>Figura 31:</b> Límites de control del tiempo de despacho antes y después de la mejora .....      | 46 |
| <b>Figura 32:</b> Análisis de capacidad del antes y después de la mejora .....                      | 47 |
| <b>Figura 33:</b> Bitácora para el seguimiento del despacho por SKU.....                            | 49 |

### Índice de tablas

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1:</b> VOC del jefe, supervisor y operadores de la bodega.....             | 10 |
| <b>Tabla 2:</b> Diagrama de afinidad.....                                           | 11 |
| <b>Tabla 3:</b> Plan para la recolección de datos .....                             | 14 |
| <b>Tabla 4:</b> Tamaño de muestra .....                                             | 18 |
| <b>Tabla 5:</b> Resultados de la prueba de normalidad .....                         | 23 |
| <b>Tabla 6:</b> Lluvia de ideas .....                                               | 24 |
| <b>Tabla 7:</b> Matriz causa-efecto .....                                           | 25 |
| <b>Tabla 8:</b> Análisis de Impacto-Esfuerzo .....                                  | 26 |
| <b>Tabla 9:</b> Plan de verificación de causas .....                                | 27 |
| <b>Tabla 10:</b> Aplicación de los cinco porqués .....                              | 29 |
| <b>Tabla 11:</b> Soluciones potenciales para cada causa raíz .....                  | 32 |
| <b>Tabla 12:</b> Análisis financiero .....                                          | 33 |
| <b>Tabla 13:</b> Plan de Implementación.....                                        | 36 |
| <b>Tabla 14:</b> Formato de los bloques .....                                       | 37 |
| <b>Tabla 15:</b> Dimensiones de los espacios de la bodega .....                     | 38 |
| <b>Tabla 16:</b> Resumen de parámetros estadísticos del proceso .....               | 47 |
| <b>Tabla 17:</b> Evaluación de Desempeño Global frente a Especificaciones .....     | 47 |
| <b>Tabla 18:</b> Plan de Control – Seguimiento de rutas de picking optimizadas..... | 49 |

## Capítulo 1



## **1 Introducción**

El presente proyecto se desarrolla en un centro de distribución, el cual se dedica a la recepción, almacenamiento y despacho de una amplia gama de productos, incluyendo electrodomésticos, artículos de hogar, escolares, productos infantiles, calzado y más. Con canales de venta mayoristas, minoristas y en línea. La empresa enfrenta actualmente una problemática crítica en su operación logística diaria: el incumplimiento sistemático de las metas de despacho. Esta situación ha generado consecuencias operativas y financieras importantes, como el incremento de horas extras, retrasos en la entrega de pedidos, sobrecarga de trabajo para el personal operativo y, en algunos casos, la cancelación de pedidos por parte de clientes clave.

Este proyecto no solo busca cumplir con los tiempos de despacho establecidos, sino también mejorar la productividad del personal, contribuyendo a una operación más sostenible y alineada con las demandas del mercado. En este sentido, el presente proyecto propone la implementación de herramientas de mejora continua basadas en la metodología DMAIC, que permitan diagnosticar con precisión las causas del problema y proponer soluciones prácticas, escalables y sostenibles a lo largo del tiempo.

### **1.1 Descripción del problema**

El centro de distribución cuenta con una meta operativa diaria establecida de 2.050 unidades o 180 SKUs despachados, sin embargo, los registros evidencian que actualmente solo se alcanza un promedio diario de 1.625 unidades y 113 SKUs. Este déficit en el cumplimiento de los objetivos afecta directamente la eficiencia del servicio y genera consecuencias económicas y operativas importantes para la empresa.

Durante el análisis del proceso se identificaron tiempos elevados en el despacho por SKU; el tiempo promedio observado fue de 6,14 minutos por SKU, superando ampliamente

el estándar estimado de 2 minutos. En algunos casos, incluso se han registrado tiempos superiores al doble del promedio.

## **1.2 Justificación del problema**

El cumplimiento de los tiempos de despacho en un centro de distribución representa un elemento importante para garantizar la eficiencia operativa, la satisfacción del cliente y la sostenibilidad del negocio. En el caso del presente proyecto, el incumplimiento de las metas establecidas ha generado impactos negativos no solo a nivel operativo, sino también en la rentabilidad y competitividad de la empresa dentro del mercado.

Entre las principales repercusiones identificadas se encuentran: el incremento de los costos operativos, con un promedio de 5.000 dólares mensuales debido al uso constante de una hora extra entre semana; la sobrecarga del personal operativo; el retraso en los tiempos de entrega de hasta tres días hacia los clientes; y la cancelación de hasta un 5 % del total de las órdenes mensuales por parte de estos. Estos efectos no solo reducen la rentabilidad del proceso, sino que también deterioran la imagen del servicio y la confiabilidad del sistema de distribución.

La metodología DMAIC nos permite abordar procesos con alta variabilidad, como es el caso de la preparación de pedidos en el centro de distribución. Su aplicación permitirá no solo reducir los tiempos actuales, sino también diseñar soluciones que aseguren la continuidad operativa sin necesidad de recurrir constantemente a recursos extraordinarios.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 *Objetivo general***

Reducir el tiempo promedio del proceso de despacho en un 20% de la situación actual, con la finalidad de incrementar la productividad de los operadores, mediante la aplicación de la metodología DMAIC.

#### **1.3.2 *Objetivos específicos***

1. Evaluar la estabilidad y capacidad del proceso de despacho a través de herramientas estadísticas, con el fin de medir su desempeño actual frente a las especificaciones internas establecidas.
2. Aplicar técnicas de análisis causa raíz, como el diagrama de Ishikawa y los 5 porqués, para identificar las principales fuentes de ineficiencia en el proceso de despacho.
3. Diseñar propuestas de mejora que contribuyan a la eficiencia operativa, mediante pruebas piloto representativas del entorno operativo.

### **1.4 Marco teórico**

#### **1.4.1 *Metodología DMAIC***

La metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) es una estrategia de mejora continua cuya finalidad es reducir la variabilidad en los procesos y mejorar la calidad, eficiencia y satisfacción del cliente. En la fase "Definir" se identifican claramente el problema, los clientes y los requerimientos. En "Medir", se recolectan datos para establecer una línea base del proceso. En "Analizar", se identifican las causas raíz de los problemas. La fase "Mejorar" permite diseñar e implementar soluciones. Por último, en "Controlar" se monitorean los resultados para garantizar la sostenibilidad de las mejoras (George et al., 2005).

### **1.4.2 Voz del Cliente**

La Voz del Cliente (VOC, por sus siglas en inglés) recopila las expectativas, preferencias y necesidades del cliente. Esta herramienta permite convertir requerimientos cualitativos en características cuantificables, lo que contribuye al diseño de procesos centrados en el valor percibido por el cliente (Tan & Pawitra, 2001).

### **1.4.3 SIPOC**

SIPOC es una herramienta de mapeo de procesos que ayuda a entender y delimitar un proceso antes de iniciar su mejora. El acrónimo representa Suppliers (Proveedores), Inputs (Entradas), Process (Proceso), Outputs (Salidas) y Customers (Clientes).

### **1.4.4 Brainstorming**

Brainstorming, o lluvia de ideas, es una técnica de creatividad grupal utilizada para generar un gran número de ideas en respuesta a un problema específico. Permite una participación abierta, promoviendo la innovación (Tague, 2005).

### **1.4.5 Análisis de capacidad**

Es utilizado para determinar si un proceso puede cumplir con los requerimientos del cliente. Utiliza indicadores como Cp, Cpk (capacidad a corto plazo), y Pp, Ppk (capacidad a largo plazo), que comparan la variabilidad del proceso con los límites de especificación. Este análisis permite evaluar la eficacia de las mejoras implementadas (Montgomery, 2013).

### **1.4.6 Gemba**

Gemba significa ir al lugar real donde ocurre el trabajo. Es decir, los líderes deben visitar el lugar de trabajo para observar directamente el proceso, interactuar con los empleados y comprender el estado actual. Lo antes mencionado, permite tomar decisiones basadas en hechos reales y fomenta una cultura de mejora continua (Liker & Meier, 2006).

#### **1.4.7 5 Porqués**

La técnica de los 5 Porqués consiste en preguntar "¿Por qué?" de forma iterativa (aproximadamente cinco veces) para identificar el origen fundamental de un problema (causa raíz). Se utiliza frecuentemente en combinación con otras técnicas como el diagrama de Ishikawa y Matriz Causa-Efecto dentro de proyectos de mejora continua.

#### **1.4.8 Problema del Agente Viajero**

El Problema del Agente Viajero (TSP) plantea cómo recorrer múltiples puntos una sola vez y volver al inicio, minimizando la distancia total. Al requerir la búsqueda de un ciclo óptimo en un grafo ponderado, se clasifica como NP-Hard. Su aplicación es clave en logística, diseño de rutas y validación de algoritmos de optimización (Infantes, 2018).

## Capítulo 2

## 2 Metodología

### 2.1 Definir

#### 2.1.1 Diagramación del proceso (SIPOC)

Para comprender el proceso de despacho de unidades en el centro de distribución, se elaboró un SIPOC con la finalidad de identificar los actores involucrados, las entradas que activan el flujo, las actividades principales, así como sus salidas y clientes internos. A continuación, se detallan los elementos del proceso:

**Figura 1:**

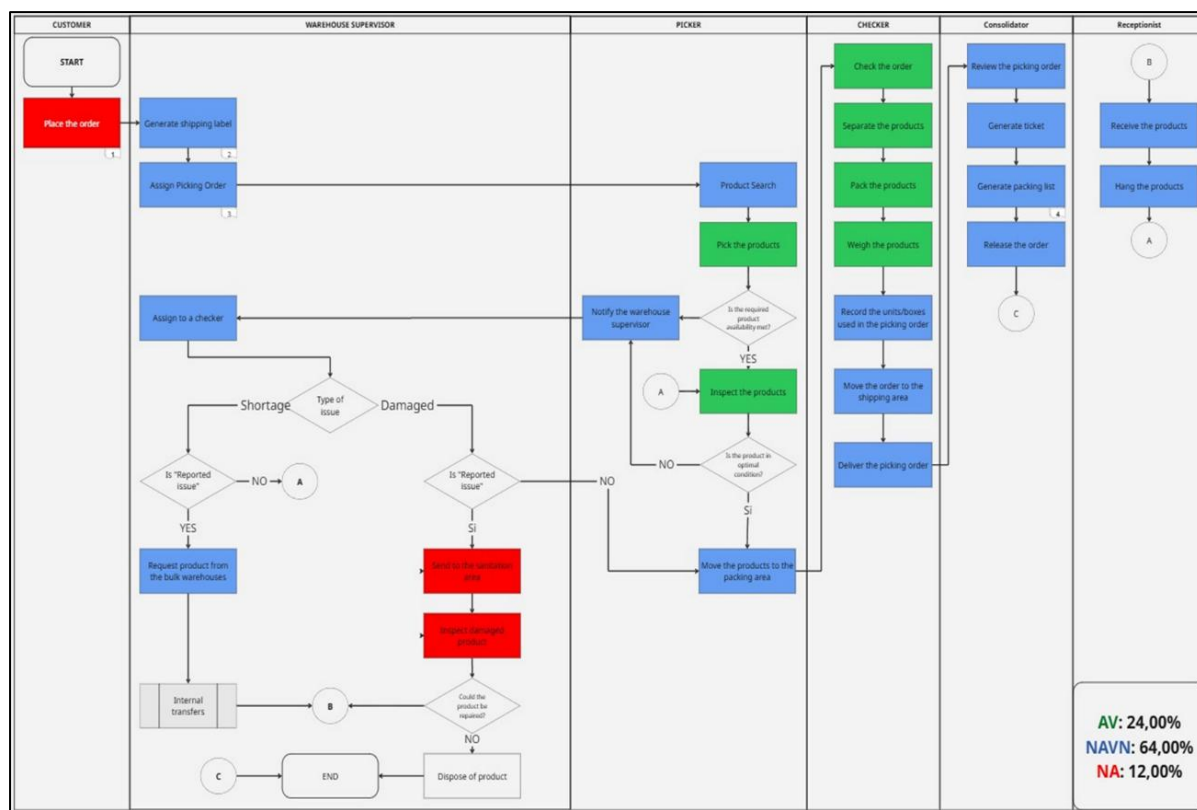
*Diagramación del proceso (SIPOC) del proceso de despacho*

|  Proveedor |  Entradas |  Proceso |  Salida |  Cliente |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cliente                                                                                     | Lista de productos                                                                         | Generar orden de venta                                                                    | Orden de venta                                                                             | Administradores                                                                             |
| Administradores                                                                             | Orden de venta                                                                             | Enviar a la bandeja de ordenes no asignadas                                               | Orden no asignada                                                                          | Gerente de almacén                                                                          |
| Gerente de almacén                                                                          | Orden no asignada                                                                          | Generar orden de despacho                                                                 | Orden de despacho                                                                          | Despachador                                                                                 |
| Despachador                                                                                 | Orden de despacho                                                                          | Realizar despacho                                                                         | Items necesarios                                                                           | Verificador                                                                                 |
| Verificador                                                                                 | Items necesarios                                                                           | Clasificar, verificar y embalar productos                                                 | Productos empacados                                                                        | Consolidador                                                                                |
| Consolidador                                                                                | Productos empacados, Orden de despacho                                                     | Generar lista de empaque                                                                  | Libera la orden                                                                            | Área de envío                                                                               |

En conclusión, el proceso de despacho involucra múltiples actores y etapas, pero solo una parte limitada de las actividades agrega valor directo al cliente.

Para profundizar el análisis, se elaboró un diagrama de flujo funcional del proceso de despacho. Este análisis reveló que solo el 24,00% de las actividades observadas durante el levantamiento agregan valor directo al cliente, mientras que el resto corresponden a actividades necesarias, pero no valoradas directamente, o a desperdicios potenciales.

**Figura 2:**  
*Flujograma del proceso de despacho*



### 2.1.2 Voz del cliente

Se realizó entrevistas con los principales actores involucrados en el proceso de despacho dentro del centro de distribución, con el fin de identificar las necesidades desde la perspectiva de los usuarios internos. Entre los participantes estuvieron:



**Tabla 1:**  
*VOC del jefe, supervisor y operadores de la bodega*

| <b>Cargo</b>                             | <b>Comentarios</b>                                                               |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Jefe de Bodega /<br>Supervisor de Bodega | Transferencia entre bodegas demora 2-3 días.                                     |
|                                          | No hay alertas de falta de stock.                                                |
|                                          | Capacidad limitada por paquete.                                                  |
|                                          | Clasificación histórica en vez de frecuencia.                                    |
|                                          | Tiempos altos de búsqueda.                                                       |
|                                          | Obstrucción de pasillos.                                                         |
|                                          | Infraestructura limitada.                                                        |
| Jefe del Sistema de<br>Gestión           | Mala planificación de personal.                                                  |
|                                          | Estantería por criterio personal.                                                |
|                                          | Pasillos bloqueados.                                                             |
|                                          | Capacidad limitada.                                                              |
|                                          | No se ubica los productos de inmediato.                                          |
|                                          | Cambios de ubicación sin comunicar.                                              |
| Recepcionistas                           | Mala distribución de personal.                                                   |
|                                          | Retrasos por asignar ubicaciones.                                                |
|                                          | Mala verificación contra guía.                                                   |
|                                          | Estantería incorrecta.                                                           |
| Despachadores                            | Pérdida de productos por cambios de ubicación.                                   |
|                                          | Revisión manual de stock.                                                        |
|                                          | Reposición reactiva.                                                             |
|                                          | Estantería desorganizada.                                                        |
|                                          | Solicitan productos a otras bodegas.                                             |
|                                          | Inventario desactualizado.                                                       |
|                                          | Brindar apoyo a recepción.                                                       |
| Verificadores                            | Sistema muestra productos faltantes, pero los incluye en guía.                   |
|                                          | Búsqueda manual de mercancía incompleta.                                         |
|                                          | No se puede cerrar pedido si falta producto. Ayudan al despacho por dependencia. |
| Consolidadores                           | Retrasos al digitar pedidos.                                                     |
|                                          | Falta de personal en alta demanda.                                               |

### 2.1.3 Diagrama de afinidad

A partir de la información recopilada en la fase de VOC, se elaboró un diagrama de afinidad con el objetivo de agrupar los distintos comentarios, observaciones y hallazgos en categorías significativas.

**Tabla 2:**  
*Diagrama de afinidad*

| Agrupación              | Hallazgos                                                                                                                                  |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Disponibilidad de stock | Cuando no hay stock disponible, se realiza un traslado desde el almacén principal, lo que retrasa la disponibilidad del producto.          |
|                         | La falta de alertas cuando se agota el stock impide una reposición oportuna y causa demoras en los despachos.                              |
|                         | La reposición solo ocurre cuando el despachador confirma el quiebre de stock, lo que genera procesos reactivos y retrasos.                 |
|                         | Cambiar la ubicación de los productos durante el almacenaje o el despacho provoca pérdidas de unidades.                                    |
|                         | La capacidad limitada de las estanterías dificulta una reposición eficiente y reduce la rotación de productos.                             |
| Retrasos operativos     | Revisar físicamente el stock en estantería para cada guía de despacho aumenta el tiempo de despacho.                                       |
|                         | Cuando la mercadería llega incompleta, los verificadores deben buscar los artículos faltantes, lo que retrasa el empaquetado de pedidos.   |
|                         | El ingreso manual de listas de empaque retrasa la liberación de pedidos, afectando la productividad.                                       |
|                         | Los retrasos en los envíos provocan cancelaciones de pedidos.                                                                              |
| Desempeño del personal  | Una mala planificación del personal genera cuellos de botella en períodos de alta demanda, reduciendo la eficiencia.                       |
|                         | La dotación insuficiente en el área de recepción impide una verificación adecuada del producto, lo que conlleva a ubicaciones incorrectas. |
|                         | Los trabajadores realizan tareas fuera de sus funciones, lo que sobrecarga al personal y disminuye la eficiencia.                          |

---

|                            |                                                                                                                        |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Uso del espacio de trabajo | La infraestructura limita el espacio disponible para el almacenamiento de productos.                                   |
|                            | Los pasillos están obstruidos por productos mal ubicados, lo que impide el libre movimiento del personal y del equipo. |

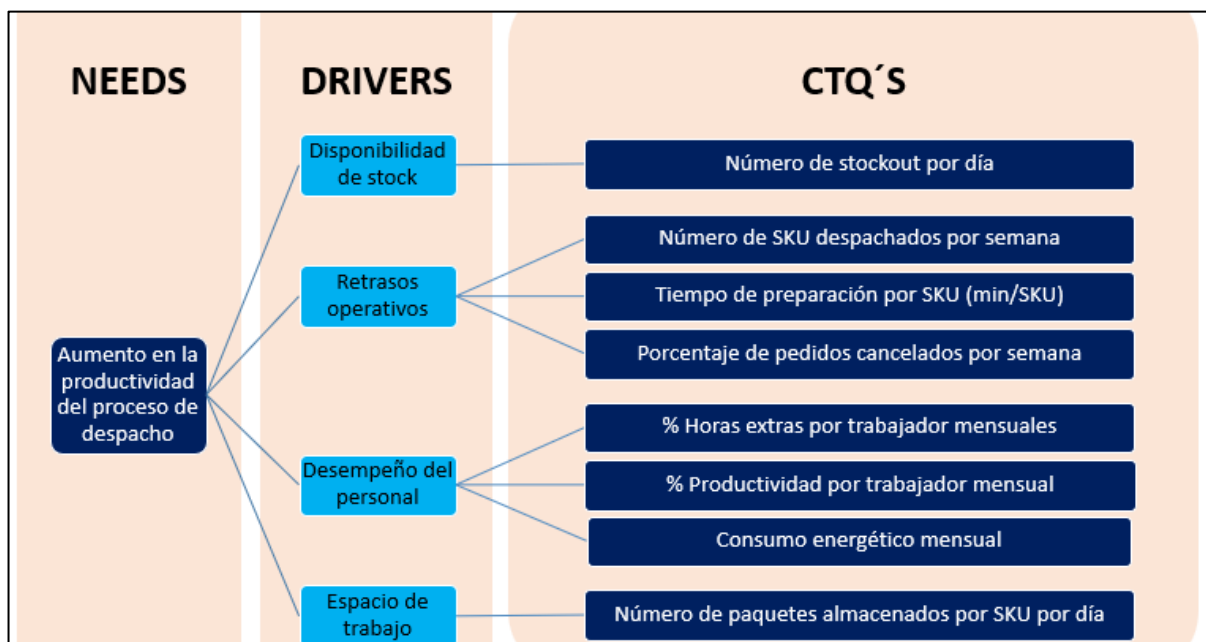
---

Las categorías obtenidas se utilizaron como base para construir el árbol de calidad (CTQ) y guiar el análisis en fases posteriores.

#### 2.1.4 Árbol CTQ

A partir del diagrama de afinidad, se desarrolló un árbol de calidad (CTQ), donde se transformaron las necesidades del cliente interno en atributos medibles.

**Figura 3:**  
CTQs tree (árbol de críticos de la calidad)



El modelo de sostenibilidad basado en el Triple Bottom Line (TBL) considera tres dimensiones fundamentales: económica, social y ambiental. Se identificó que la mejora en el proceso de despacho de unidades en el centro de distribución impactará positivamente en los tres pilares, a través de los indicadores críticos de calidad (CTQ's).

1. Impacto económico: Incrementar la eficiencia en el cumplimiento de pedidos reduce significativamente la carga de trabajo adicional diaria, asociada al CTQ's: %Horas extras por trabajador mensual, tal como se indica en la ecuación 2.1.

$$\%HorasExtra = \left( \frac{Horas\ extra\ mensuales\ actuales}{Horas\ extras\ del\ mes\ anterior} \right) \times 100\% \quad (2.1)$$

2. Impacto ambiental: La disminución de horas extras contribuye a reducir el consumo energético asociado a la operación extendida, asociada al CTQ's: Consumo energético mensual, tal como se indica en la ecuación 2.2.

$$Consumo\ energético = \frac{Total\ de\ horas\ extras\ mensuales}{Consumo\ energético\ promedio\ por\ hora\ extra\ (kWh/h)} \quad (2.2)$$

3. Impacto social: Reducir el tiempo de despacho mejora la productividad de los operadores, asociada al CTQ's: %Productividad por trabajador mensual, tal como se indica en la ecuación 2.3.

$$\%Productividad = \left( \frac{Total\ de\ unidades\ despachadas}{Total\ de\ unidades\ a\ despachar\ establecidas} \right) \times 100\% \quad (2.3)$$

### 2.1.5 Definición de la variable de respuesta

La variable de respuesta (también conocida como variable dependiente) representa el resultado clave que se busca mejorar mediante la aplicación de la metodología DMAIC. En este proyecto, la variable de respuesta definida es: Tiempo de despacho por SKU, medido en minutos.

Esta variable corresponde al tiempo total que transcurre desde que el operador recibe una orden de despacho hasta que el pedido es completamente despachado, verificado y consolidado. Para una mejor comprensión, este tiempo total es la suma de las siguientes tres variables independientes:

- Tiempo de picking: Recolección de productos según guía de despacho.
- Tiempo de verificación: Revisión del contenido del pedido contra la orden.
- Tiempo de consolidación: Preparación final del pedido, etiquetado y traslado.

## 2.2 Medición

### 2.2.1 Plan para la recolección de datos

Mediante la aplicación del plan de recolección de datos, se obtuvo información clave alineada con los objetivos establecidos en la fase inicial del proyecto. Los datos fueron registrados mediante observación directamente en campo.

**Tabla 3:**  
*Plan para la recolección de datos*

| Variable de Estudio    | Especificaciones Técnicas                                                                   |                                                                  |                                  |                                                                      |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Variables del proceso  | X1: Tiempo de picking                                                                       | X2: Tiempo de verificación                                       | X3: Tiempo de consolidación      | Y: Tiempo de despacho                                                |
| Responsable            | José Sancho, Tania Guzmán                                                                   | José Sancho, Tania Guzmán                                        | José Sancho, Tania Guzmán        | Estudiantes de ESPOL y personal administrativos                      |
| Definición operativa   | Tiempo dedicado a ubicar y transportar el SKU desde la percha hasta el área de verificación | Tiempo dedicado a inspeccionar el SKU por calidad y empaquetarlo | Tiempo dedicado a liberar el SKU | Tiempo total por SKU requerido para completar el proceso de despacho |
| Unidad de medida       | Minutos/SKU                                                                                 | Minutos/SKU                                                      | Minutos/SKU                      | Minutos/SKU                                                          |
| Tipo de datos          | Continuo                                                                                    | Continuo                                                         | Continuo                         | Continuo                                                             |
| Periodo de recolección | 16 al 20 de junio                                                                           | 16 al 20 de junio                                                | 16 al 20 de junio                | 16 al 20 de junio                                                    |
| Método de validación   | Prueba de hipótesis con valor p                                                             | Prueba de hipótesis con valor p                                  | Prueba de hipótesis con valor p  | Prueba de hipótesis con valor p                                      |

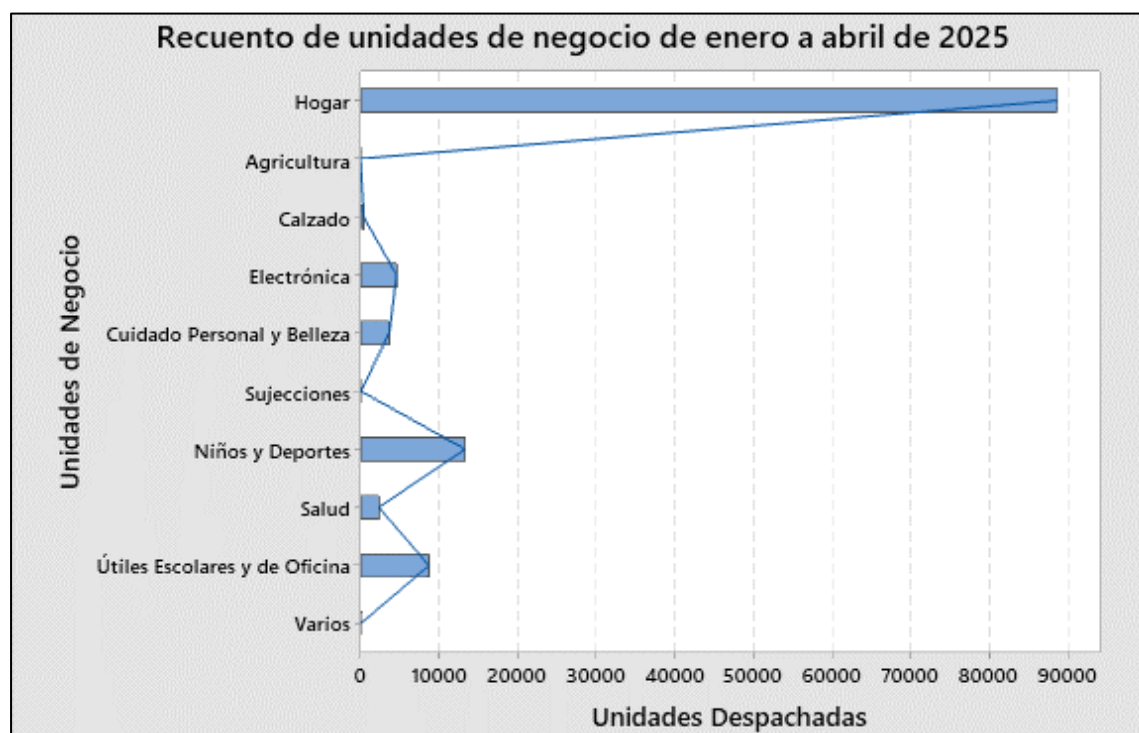
|                            |                                                   |                                                   |                                                   |                                                        |
|----------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Técnica de recolección     | Observación directa                               | Observación directa                               | Observación directa                               | Datos históricos                                       |
| Instrumento de recolección | Hoja de control diaria                            | Hoja de control diaria                            | Hoja de control diaria                            | Base de datos histórica                                |
| Uso futuro de los datos    | Calcular el tiempo de despacho de forma eficiente | Calcular el tiempo de despacho de forma eficiente | Calcular el tiempo de despacho de forma eficiente | Comparar el tiempo actual de despacho con el propuesto |

### 2.2.2 Estratificación por unidad de negocio

La estratificación permite analizar de manera más precisa la información recopilada, segmentando los datos según la unidad de negocio del centro de distribución. Este enfoque facilita la identificación de diferencias y oportunidades de mejora en la unidad de negocio, contribuyendo a una evaluación integral y al diseño de propuestas.

**Figura 4:**

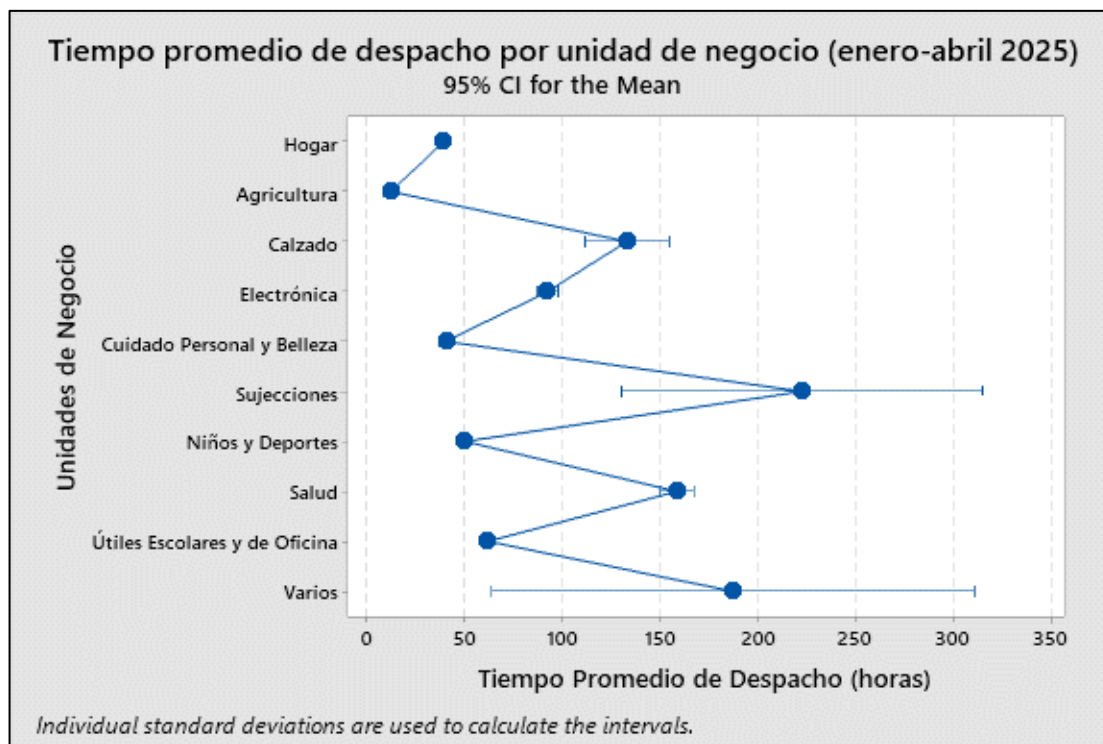
*Estratificación por cantidad de artículos despachados por unidad de negocios*



La unidad de negocio "Hogar" supera significativamente a las demás en la cantidad de artículos despachados, con un total de 88,705 unidades.

**Figura 5:**

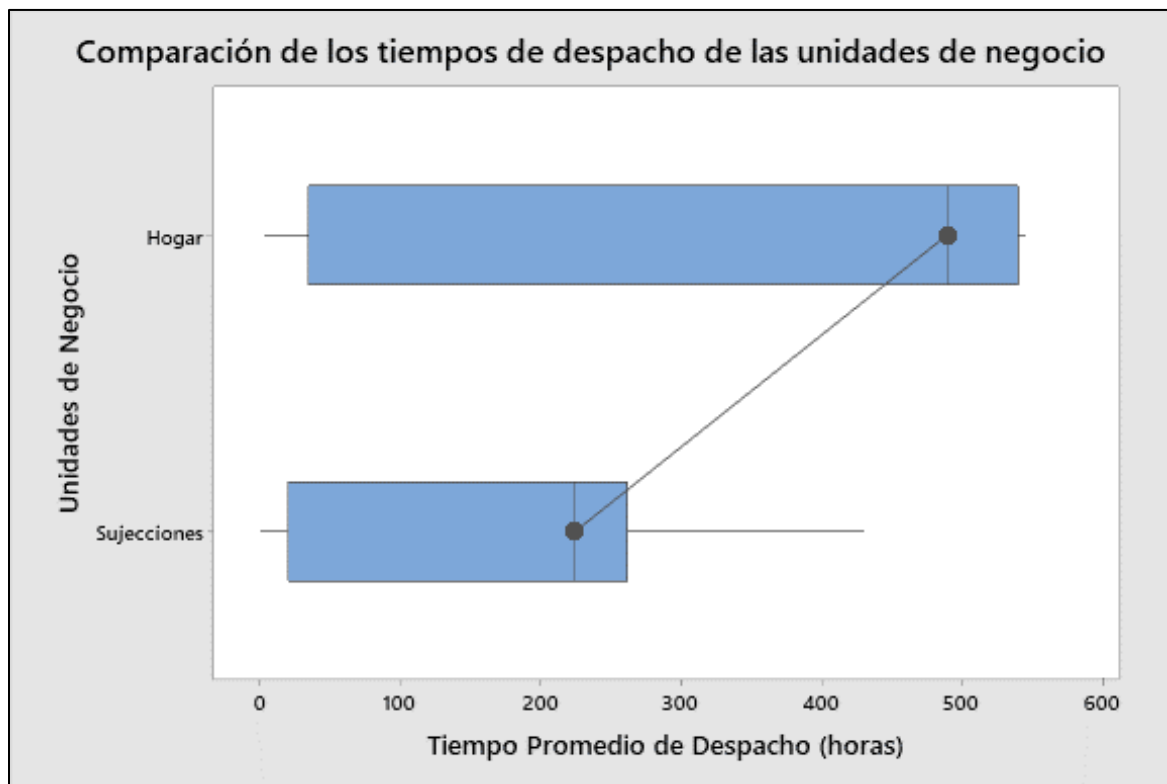
*Estratificación por tiempo de despacho por unidad de negocios*



La unidad de negocio "Sujeciones" supera significativamente a las demás en la cantidad de artículos despachados, con un total de 224 horas.

A continuación, se procedió a comparar las dos unidades de negocio representativas en cada análisis, utilizando una cantidad equivalente de artículos despachados seleccionados aleatoriamente.

**Figura 6:**  
*Diagrama de barras de selección de unidad de negocio*



Dado que la unidad de negocio “Hogar” presenta un tiempo promedio de despacho de 489 minutos, en comparación con los 224 minutos de la unidad de negocio “Sujecciones”, fue seleccionada como caso de análisis para el presente estudio.

### 2.2.3 Pruebas de normalidad

#### 2.2.3.1 Cálculo del tamaño de muestra.

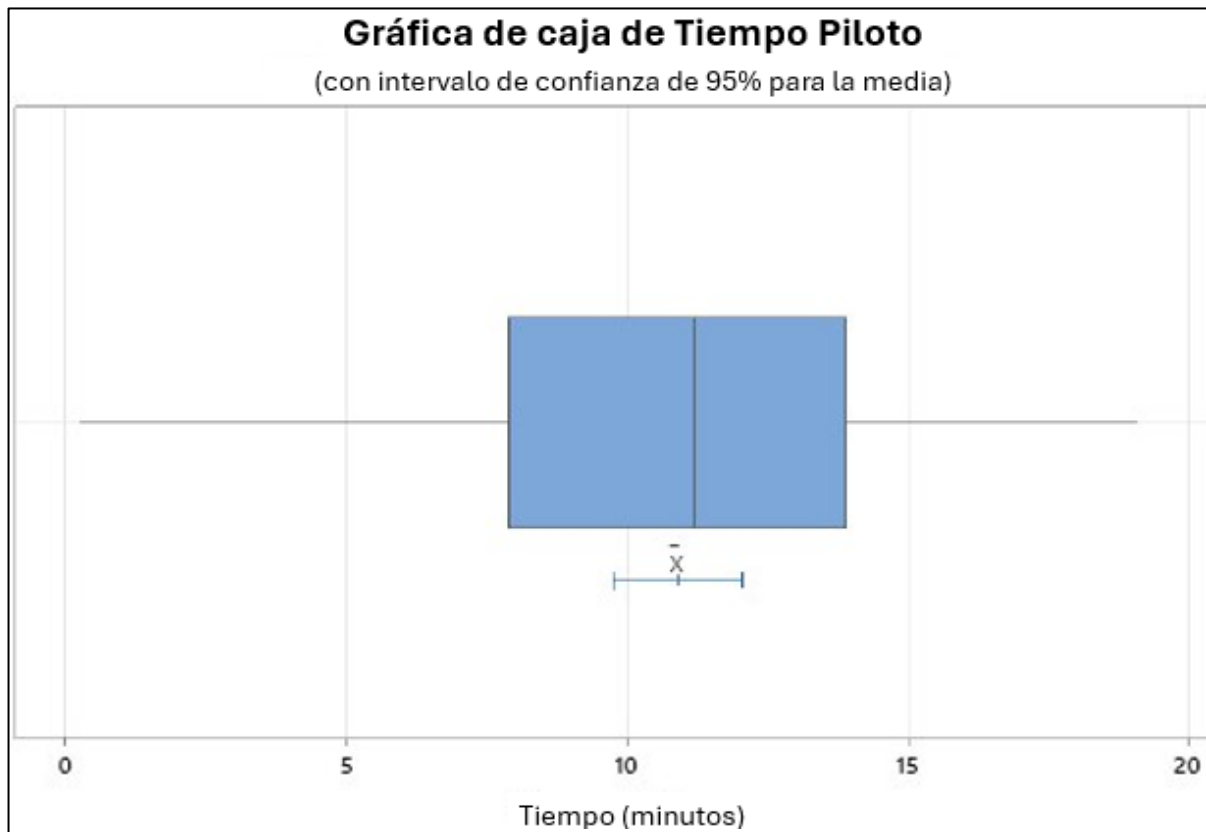
Para determinar el tamaño de muestra real se obtuvo la desviación estándar a partir de una muestra piloto de tamaño 50, tal como se indica en la ecuación 2.4.

$$n = \left( \frac{Z * \sigma}{e} \right)^2 \quad (2.4)$$

$Z$  = Nivel de confianza -  $\sigma$  = Desviación estándar -  $e$  = Error permitido



**Figura 7:**  
*Gráfica de caja del tamaño de muestra*



**Tabla 4:**  
*Tamaño de muestra*

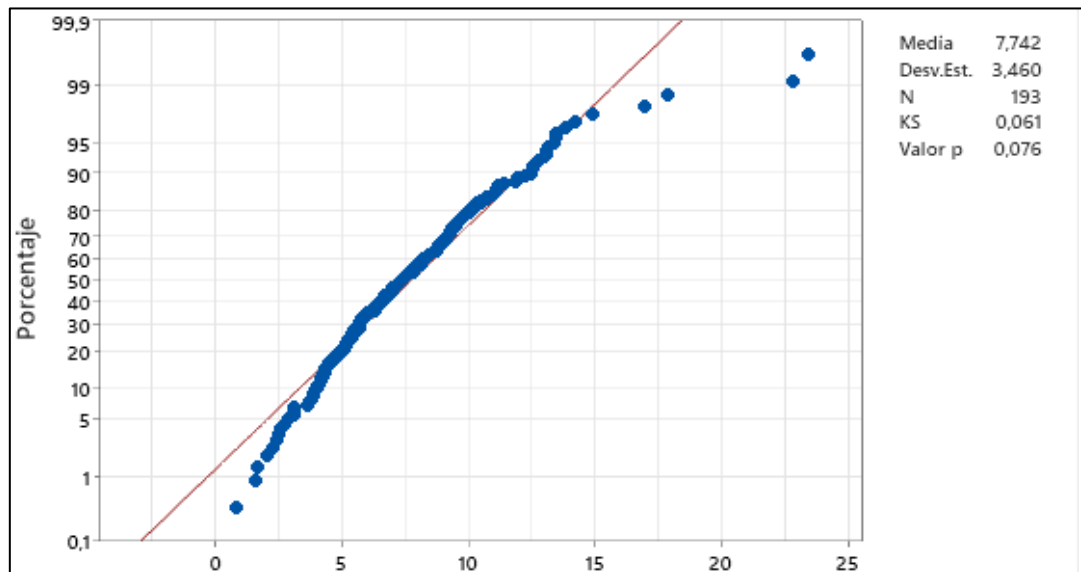
| Tamaño de la prueba piloto | Z    | $\Sigma$ | e    | n   |
|----------------------------|------|----------|------|-----|
| 50                         | 1,96 | 4,04     | 0,57 | 193 |

Se determinó que el tamaño de muestra necesaria es de 193 SKUs.

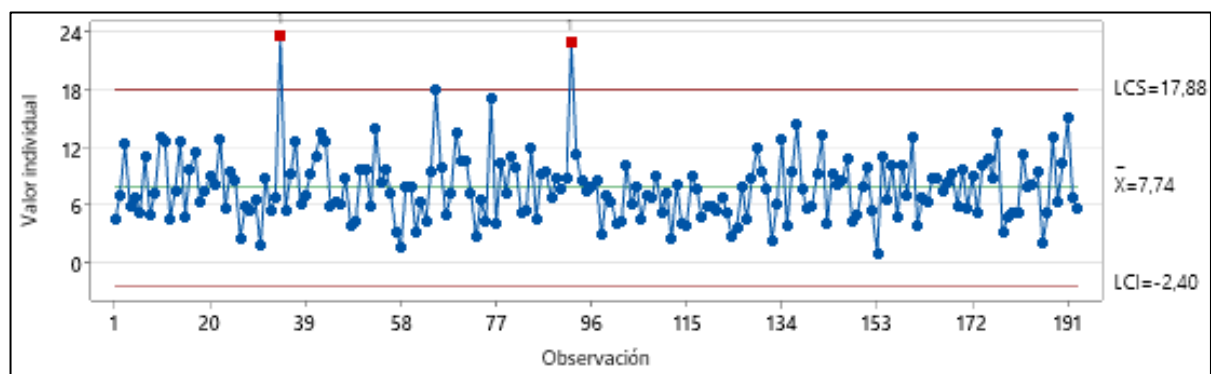
#### 2.2.3.2 Prueba de normalidad del tiempo de despacho de los SKUs.

$H_0$ : No existe una diferencia significativa en el tiempo de despacho entre los SKUs; se asume una distribución normal ( $p\text{-valor} > 0.05$ ).

$H_1$ : Existe una diferencia significativa en el tiempo de despacho entre los SKUs.

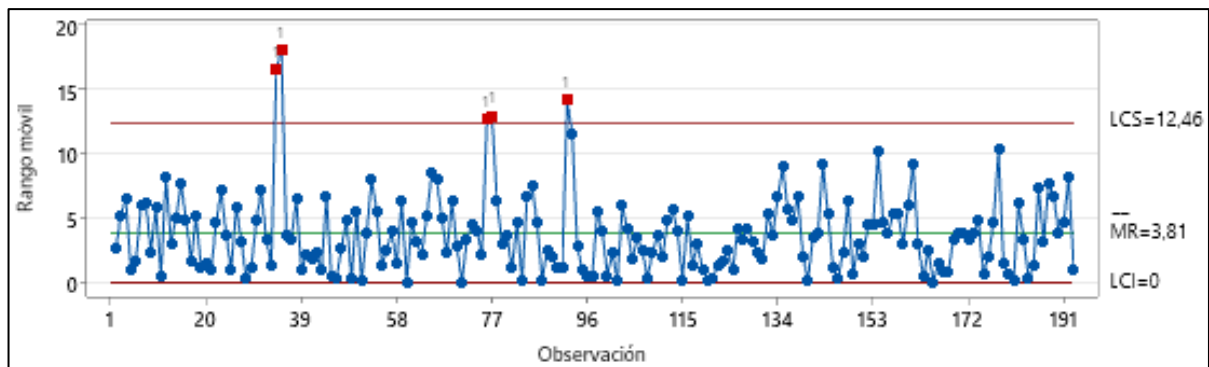
**Figura 8:***Gráfico de dispersión del tiempo de despacho por SKU*

Dado que el p-valor es mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula. Es decir, los datos siguen una distribución normal.

**Figura 9:***Gráfico de control del valor individual de la variable de respuesta*

Algunos tiempos de procesamiento en el despacho de SKUs exceden los límites de especificación internos, lo que indica que están fuera de control estadístico.

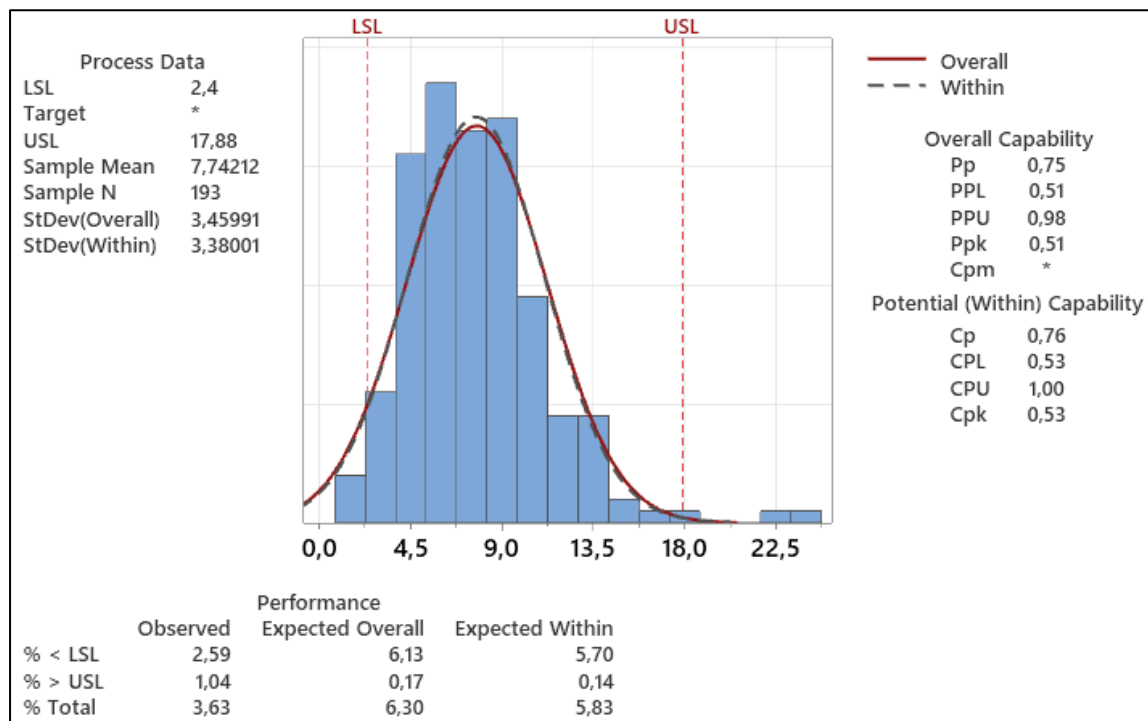
**Figura 10:**  
Gráfico de control de la variabilidad del proceso



Se ha observado que un aumento en la variabilidad del proceso conduciría a procesos fuera de control.

### 2.2.3.3 Análisis de capacidad de la variable de respuesta.

**Figura 11:**  
Análisis de capacidad de la variable de respuesta



El informe de capacidad indica que los índices de desempeño a corto plazo (Cpk) y a largo plazo (Ppk) no cumplen con las especificaciones requeridas, ya que ambos presentan valores inferiores a 1.33. Esto evidencia que el proceso no es capaz de mantenerse dentro de los límites establecidos. Además, se proyecta un incremento en las observaciones fuera de especificación en el largo plazo, lo que refuerza la necesidad de implementar mejoras en el proceso.

#### 2.2.3.4 Prueba de normalidad de las variables independientes.

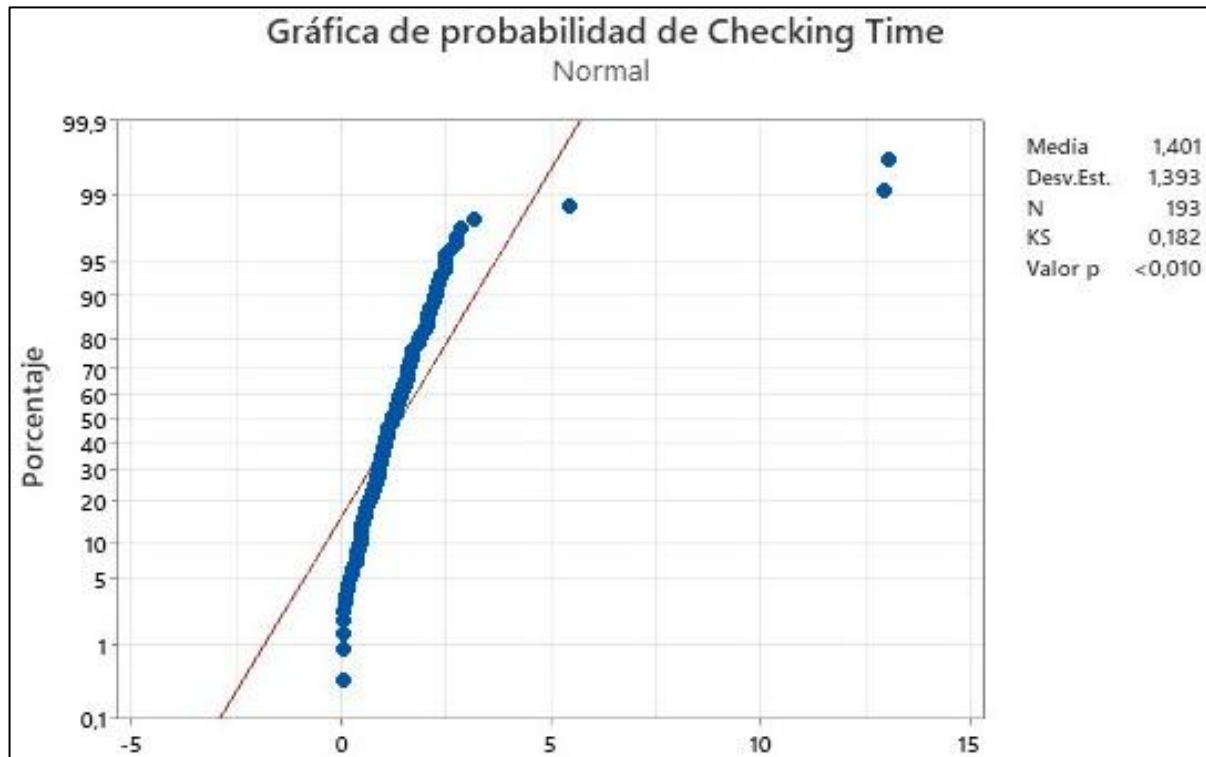
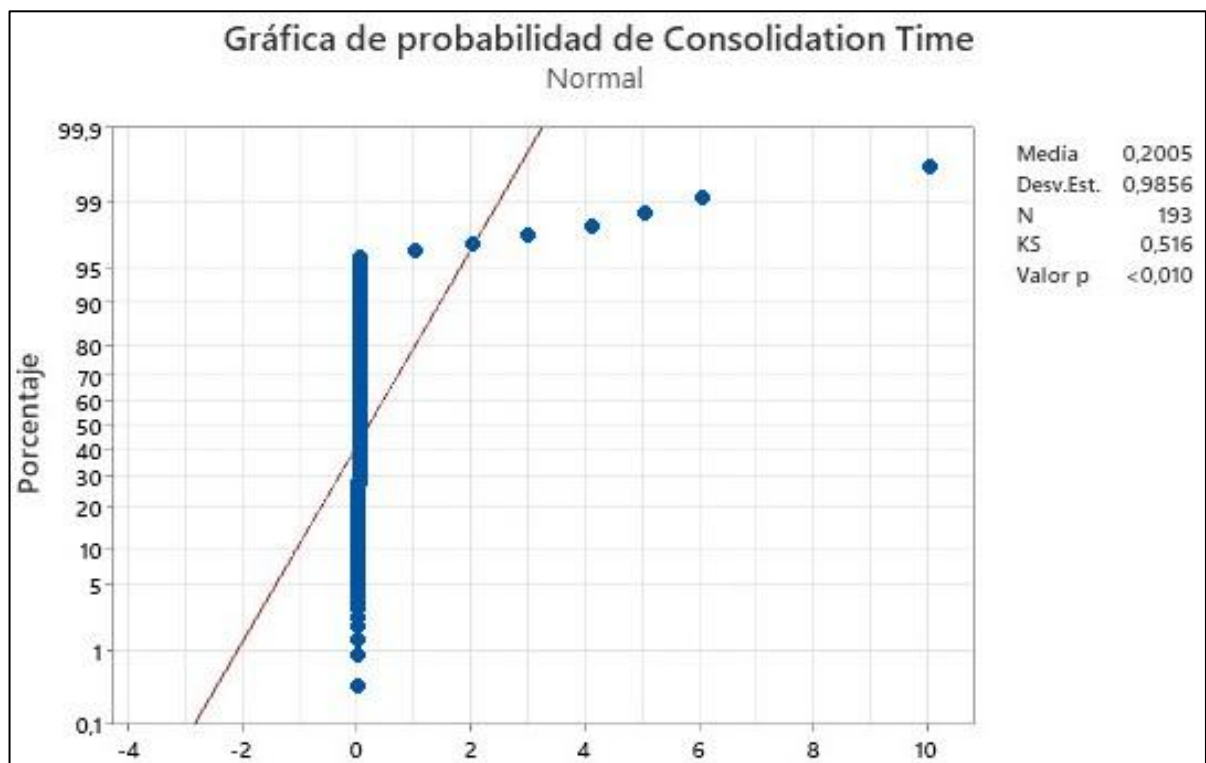
$H_0$ : No se encontraron diferencias significativas en los tiempos de las actividades; se asume una distribución normal ( $p\text{-valor} > 0.05$ ).

$H_1$ : Existen diferencias significativas en los tiempos de las actividades.

**Figura 12:**

*Gráfica de probabilidad del tiempo de picking*



**Figura 13:***Gráfica de probabilidad del tiempo de chequeo***Figura 14:***Gráfica de probabilidad del tiempo de consolidación*

Los tiempos de picking, chequeo y consolidación rechazan la hipótesis nula, es decir, no siguen una distribución normal. Por lo tanto, los datos deben ser ajustados realizando la prueba no paramétrica a cada variable independiente:

**Tabla 5:**  
*Resultados de la prueba de normalidad*

| Actividad               | N   | Mediana | Suma de Rangos |
|-------------------------|-----|---------|----------------|
| Tiempo de verificación  | 193 | 112.667 | 387.5          |
| Tiempo de consolidación | 193 | 0.04000 | 201.5          |
| Tiempo de picking       | 193 | 581.333 | 569.0          |

Se analizará con mayor detalle el tiempo de picking, ya que presenta la mediana más alta entre las actividades, lo que podría indicar un comportamiento diferente.

#### **2.2.3.5 Problema enfocado.**

Se identificó tiempos elevados de preparación por SKU en la bodega entre enero y abril de 2025. Durante este período, el tiempo promedio observado fue de 6,14 minutos, superando el estándar estimado de 2 minutos, registrándose en algunos casos tiempos que duplicaron dicho promedio.

### **2.3 Análisis**

En esta etapa se identificaron posibles causas del problema mediante una lluvia de ideas y la elaboración de un diagrama de Ishikawa. Posteriormente, estas causas fueron verificadas y priorizadas con base en el criterio de los colaboradores del área, considerando su experiencia y conocimiento del proceso.

#### **2.3.1 Brainstorming**

Se convocó al equipo del área para una sesión de análisis colaborativo orientada a identificar causas potenciales.

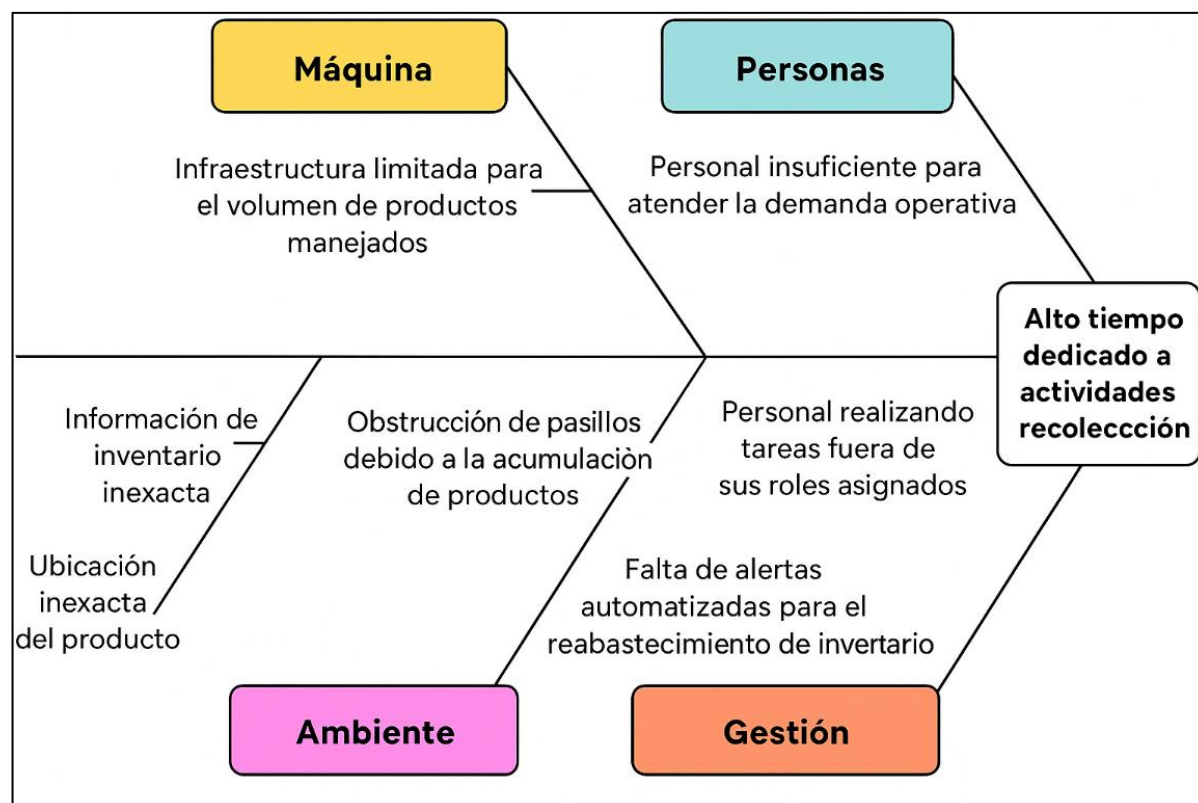
**Tabla 6:**  
Lluvia de ideas

| <b>Gerente de Sistemas de Gestión</b>                   | <b>Gerente de Bodega</b>                                                                                                                                                                          | <b>Operador de Picking</b>                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Personal insuficiente para cubrir la demanda operativa. | Falta de alertas automáticas para la reposición de inventario.<br>El personal realiza tareas fuera de sus funciones asignadas.<br>Infraestructura limitada para el volumen de productos manejado. | Ubicación inexacta de los productos.<br>Obstrucción de pasillos debido a acumulación de productos.<br>Información de inventario inexacta. |

### 2.3.2 Diagrama de Ishikawa

Con el fin de identificar las causas raíz que generan el problema de altos tiempos de despacho. El análisis se realizó a partir de entrevistas con el personal operativo y observaciones directas en campo, lo que permitió asegurar la validez de la información.

**Figura 14:**  
Diagrama de Ishikawa



### 2.3.3 Matriz Causa-Efecto

Se utilizó un sistema de ponderación con valores de 0, 3, 6 y 9 para cuantificar la relevancia de cada causa identificada. La asignación de estos pesos fue realizada por los involucrados del proceso. Los resultados de esta evaluación se presentan a continuación:

**Tabla 7:**  
Matriz causa-efecto

| Causas                                                         | Gerente | Supervisor | Jefe de<br>sistemas<br>de gestión | Op. 1 | Op. 2 | Op. 3 | Op. 4 | Op. 5 | Total |
|----------------------------------------------------------------|---------|------------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ubicación inexacta de los productos                            | 9       | 6          | 6                                 | 6     | 9     | 9     | 9     | 9     | 63    |
| Falta de alertas automáticas para la reposición de inventario  | 6       | 3          | 9                                 | 9     | 6     | 9     | 6     | 0     | 48    |
| Información de inventario inexacta                             | 9       | 3          | 3                                 | 6     | 6     | 6     | 9     | 9     | 51    |
| Obstrucción de pasillos debido a acumulación de productos      | 6       | 6          | 3                                 | 3     | 0     | 3     | 6     | 9     | 36    |
| Infraestructura limitada para el volumen de productos manejado | 9       | 6          | 0                                 | 6     | 9     | 9     | 9     | 9     | 57    |
| Personal realizando tareas fuera de sus funciones asignadas    | 3       | 9          | 6                                 | 6     | 6     | 3     | 3     | 0     | 36    |
| Personal insuficiente para cubrir la demanda operativa         | 0       | 0          | 9                                 | 3     | 6     | 0     | 3     | 0     | 21    |



A continuación, se observa el análisis impacto-esfuerzo de las causas que obtuvieron mayor puntaje.

**Tabla 8:**  
*Análisis de Impacto-Esfuerzo*

| <b>Causas</b>                                                  | <b>Económico</b>                                                    | <b>Social</b>                      | <b>Ambiental</b>                                   | <b>Tiempo de Implementación</b>           |
|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Ubicación inexacta del producto                                | Se requiere una alta inversión, pero los recursos están disponibles | Reduce la distancia de recorrido   | Reduce el uso de papel                             | Período de implementación corto (< 1 año) |
| Información inexacta del inventario                            | Alta inversión debido al desarrollo de software personalizado       | Reduce la distancia de recorrido   | Mayor consumo de energía por correcciones manuales | Período de implementación largo (> 1 año) |
| Infraestructura limitada para el volumen de productos manejado | Alta inversión requerida por modificaciones del almacén             | Aumenta el esfuerzo del trabajador | Mayor consumo de materiales                        | Período de implementación largo (> 1 año) |

#### **2.3.4 Plan de verificación de causas**

A continuación, se verifica mediante GEMBA el impacto de cada una de las causas identificadas sobre el problema.

**Tabla 9:**  
*Plan de verificación de causas*

| <b>Causas</b>                                                   | <b>Teoría del Impacto en la Variable de Respuesta</b>                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Cómo se verificará</b> | <b>Estado</b> |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------|
| Ubicación inexacta del producto                                 | La ubicación de los SKU suele ser inexacta, ya que la lista de picking indica una posición donde el producto realmente no se encuentra. Esto obliga al operador a consultar el sistema y buscar en ubicaciones históricas, lo que genera recorridos adicionales y retrasos.                        | GEMBA                     | Comprobado    |
| Información inexacta del inventario                             | Al localizar el SKU requerido, los datos de inventario en el sistema frecuentemente no coinciden con el stock físico. Puede haber menos unidades que las indicadas, o algunos productos pueden estar dañados y ser marcados como incompletos, lo que requiere que el operador solicite reposición. | GEMBA                     | Comprobado    |
| Infraestructura limitada para el volumen de productos manejados | Los estantes suelen estar sobrecargados con cajas, lo que obliga a los operadores a mover varios artículos para acceder al producto requerido o reubicar artículos en cualquier espacio disponible.                                                                                                | GEMBA                     | Comprobado    |

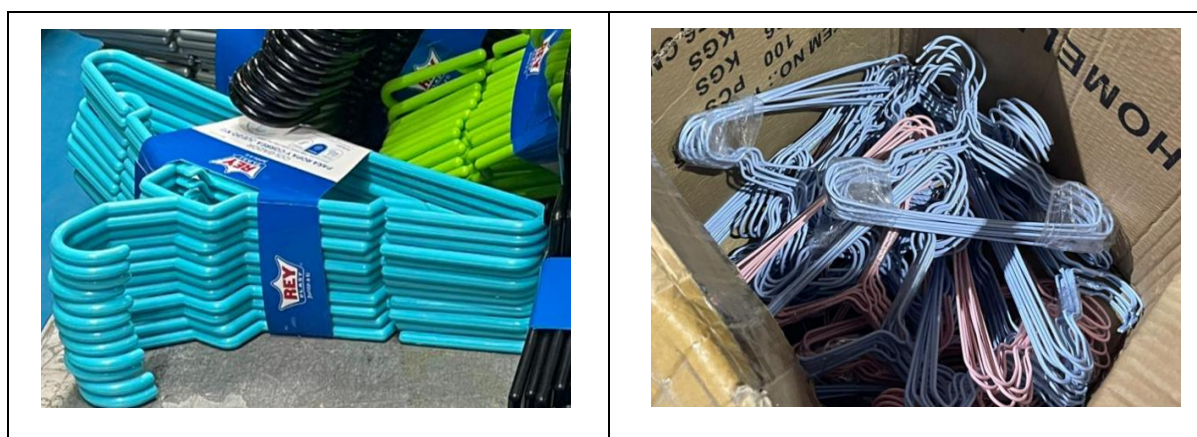
- Ubicación inexacta del producto: La lista de picking indica que el producto se encuentra en el Bloque 01, Fila A40, Columna 04; sin embargo, el artículo no fue encontrado allí. Como resultado, el operador tuvo que consultar para localizarlo.

**Figura 15:***Ubicación inexacta del producto*

| Bodega: CDS-DESPACHO - BODEGA CDS DESPACHO |        |                  |                                                           |      | 01    |
|--------------------------------------------|--------|------------------|-----------------------------------------------------------|------|-------|
| Bodega Destino:                            |        |                  |                                                           |      |       |
| Sku                                        | Código | Código de barras | Descripción                                               | Emp. | Total |
| 02A43B01                                   | 516451 | 7502024005939    | PAÑALERA LILA REF:OF0425/6779-2 (26*16*40CM)              | U    | 12.00 |
| 02A42B02                                   | 809901 | 7502024000804    | ESPEJO CABLE USB REF:SAN4755 (19*13CM)                    | U    | 24.00 |
| 02A43A03                                   | 559639 | 7750062027530    | PAPELERA AUTOMATICA REY METALIZADA REF:PPX6008ME          | U    | 1.00  |
| 01A40A04                                   | 213227 | 7750062012659    | Unidad MATA MOSCA PLAST.REY PLACER C/PINZA MMX001000/3287 | U    | 60.00 |



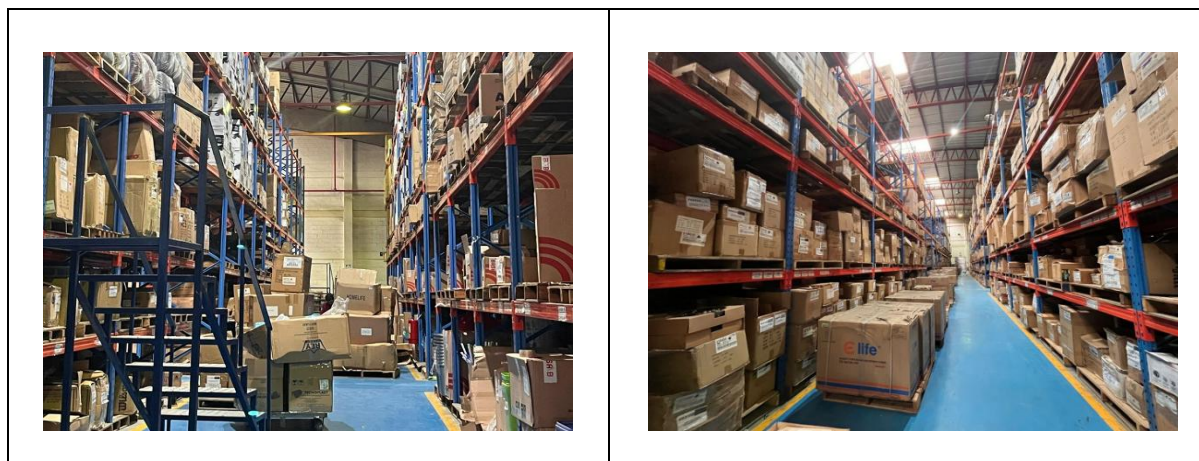
- Información inexacta del inventario: El producto estaba defectuoso (envuelto en cinta), lo que debería haberse registrado en el sistema. Por lo tanto, no se pudo recoger y se solicitó un reemplazo.

**Figura 16:***Información inexacta del inventario*

- Infraestructura limitada para el volumen de productos manejados: Ciertos estantes están sobrecargados de cajas, lo que limita el espacio disponible y dificulta la recuperación de productos.

**Figura 17:**

*Infraestructura limitada para el volumen de productos manejados*



### 2.3.5 Cinco porqués

Se aplicó el método de los cinco porqués a cada causa potencial que mostró un impacto significativo en las variables analizadas.

**Tabla 10:**

*Aplicación de los cinco porqués*

| Ubicación inexacta del producto                                |                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| ¿Por qué se produce una ubicación inexacta del producto?       | Porque los productos no se colocan en sus ubicaciones asignadas.                |
| ¿Por qué los productos no se colocan en la ubicación correcta? | Porque a menudo no hay espacio disponible en los estantes.                      |
| ¿Por qué no hay espacio disponible?                            | Porque la demanda supera a la oferta.                                           |
| ¿Por qué la demanda supera a la oferta?                        | Porque es difícil pronosticar con precisión la demanda.                         |
| ¿Por qué es difícil pronosticar la demanda?                    | Debido a la alta variabilidad productos durante los períodos estacionales.      |
| Ubicación inexacta del producto                                |                                                                                 |
| ¿Por qué se produce una ubicación inexacta del producto?       | Porque las ubicaciones de los productos no se reasignan cuando con los cambios. |
| ¿Por qué no se reasignan las ubicaciones?                      | Porque el proceso de reasignación lleva un tiempo considerable.                 |

|                                                                    |                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ¿Por qué lleva tiempo?                                             | Porque el operador debe desplazarse a un ordenador para actualizar el sistema.                                       |
| ¿Por qué afecta esto al proceso?                                   | Porque el operario experimenta fatiga por recorrer largas distancias por el almacén durante todo el turno.           |
| Información de inventario inexacta                                 |                                                                                                                      |
| ¿Por qué el sistema no coincide con el inventario físico?          | Porque a menudo hay productos defectuosos en los estantes.                                                           |
| ¿Por qué no se identifican antes los productos defectuosos?        | Porque la verificación se produce cuando el despachador está buscando el producto.                                   |
| ¿Por qué es ese el único momento en que se verifica?               | Porque la alta demanda excede la capacidad operativa de la planta.                                                   |
| ¿Por qué la demanda supera la capacidad?                           | Porque la planificación de la demanda es un desafío.                                                                 |
| ¿Por qué es difícil planificar la demanda?                         | Debido a la alta variabilidad de productos durante los picos estacionales.                                           |
| Información de inventario inexacta                                 |                                                                                                                      |
| ¿Por qué el sistema no coincide con el inventario físico?          | Porque la reposición se realiza solo una vez al día.                                                                 |
| ¿Por qué la reposición de existencias se limita a una vez al día?  | Porque otros almacenes también requieren inventario, lo que afecta la disponibilidad y la frecuencia del suministro. |
| Infraestructura limitada para el volumen de productos manipulados  |                                                                                                                      |
| ¿Por qué la infraestructura no puede acomodar todos los productos? | Porque todos los estantes ya están ocupados.                                                                         |
| ¿Por qué están ocupados todos los estantes?                        | Porque una caja con una unidad no se puede almacenar producto diferente.                                             |
| ¿Por qué no se puede asignar almacenamiento mixto?                 | Porque no hay espacio disponible en el almacén para asignar cajas con pocas unidades.                                |
| ¿Por qué no hay espacio para tal asignación?                       | Porque cada área de almacenamiento está diseñada para las actividades operativas en curso.                           |

Como resultado se obtuvo las siguientes causas raíz:

- Alta variabilidad del volumen del producto durante los períodos pico y estacionales.
- Fatiga del operador debido a las largas distancias de caminata durante los turnos.
- El proceso de reubicación requiere mucho tiempo y es manual.
- Alta variabilidad del flujo de producto durante los picos estacionales.
- La reposición depende de la disponibilidad de otros almacenes.
- El almacén es compartido por varias líneas de productos.

### **Capítulo 3**

### 3 Resultado y análisis

#### 3.1 Mejora

A partir de las causas raíz identificadas en la sección anterior, se plantearon soluciones potenciales orientadas a optimizar el proceso. Estas alternativas fueron evaluadas y priorizadas considerando su viabilidad y el impacto en la reducción de los tiempos del proceso.

#### 3.2 Soluciones potenciales

Con base en las causas detectadas y validadas, se definieron las siguientes soluciones:

**Tabla 11:**  
*Soluciones potenciales para cada causa raíz*

| Causas raíz                                                                           | Soluciones potenciales                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Alta variabilidad del volumen del producto durante los períodos pico y, estacionales. | Reubicar los productos de alta rotación en los estantes delanteros según la planificación de la demanda. |
| Fatiga del operador debido a las largas distancias de caminata durante los turnos.    | Definir rutas de picking optimizadas para cada pedido o lista.                                           |
| El proceso de reubicación requiere mucho tiempo y es manual.                          | Implementar dispositivos móviles para actualizaciones de inventario en tiempo real.                      |
| Alta variabilidad del flujo de producto durante los picos estacionales.               | Enviar directamente las unidades sobrantes de los paquetes a granel a las tiendas.                       |
| La reposición depende de la disponibilidad de otros almacenes.                        | Reposición oportuna basada en la planificación de la demanda estacional.                                 |
| El almacén es compartido por varias líneas de productos.                              | Optimizar el uso del espacio vertical para aumentar la capacidad de almacenamiento.                      |

### 3.3 Análisis financiero

En esta sección se presentan cuatro categorías de costos asociadas a la implementación de cada causa raíz identificada.

**Tabla 12:**  
*Análisis financiero*

| Soluciones potenciales                                                                                              | Costo de los dispositivos                                                | Costo de implementación | Costo de los complementos | Costo de la capacitación |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| <b>S1:</b> Reubicar los productos de alta rotación en los estantes delanteros según la planificación de la demanda. |                                                                          | \$15.000<br>(anual)     |                           | \$200                    |
| <b>S2:</b> Definir rutas de picking optimizadas para cada pedido o lista.                                           |                                                                          | \$800                   |                           | \$150                    |
| <b>S3:</b> Implementar dispositivos móviles para actualizaciones de inventario en tiempo real.                      | \$2.000<br>(cada 4 años)                                                 | \$1.000                 | \$800                     | \$200                    |
| <b>S4:</b> Enviar directamente las unidades sobrantes de los paquetes a granel a las tiendas.                       |                                                                          | \$1.500                 |                           | \$100                    |
| <b>S5:</b> Reposición oportuna basada en la planificación de la demanda estacional.                                 | Limitación de espacio, se debe habilitar nueva bodega \$40,000 mensuales |                         |                           |                          |
| <b>S6:</b> Optimizar el uso del espacio vertical para aumentar la capacidad de almacenamiento.                      |                                                                          |                         |                           |                          |



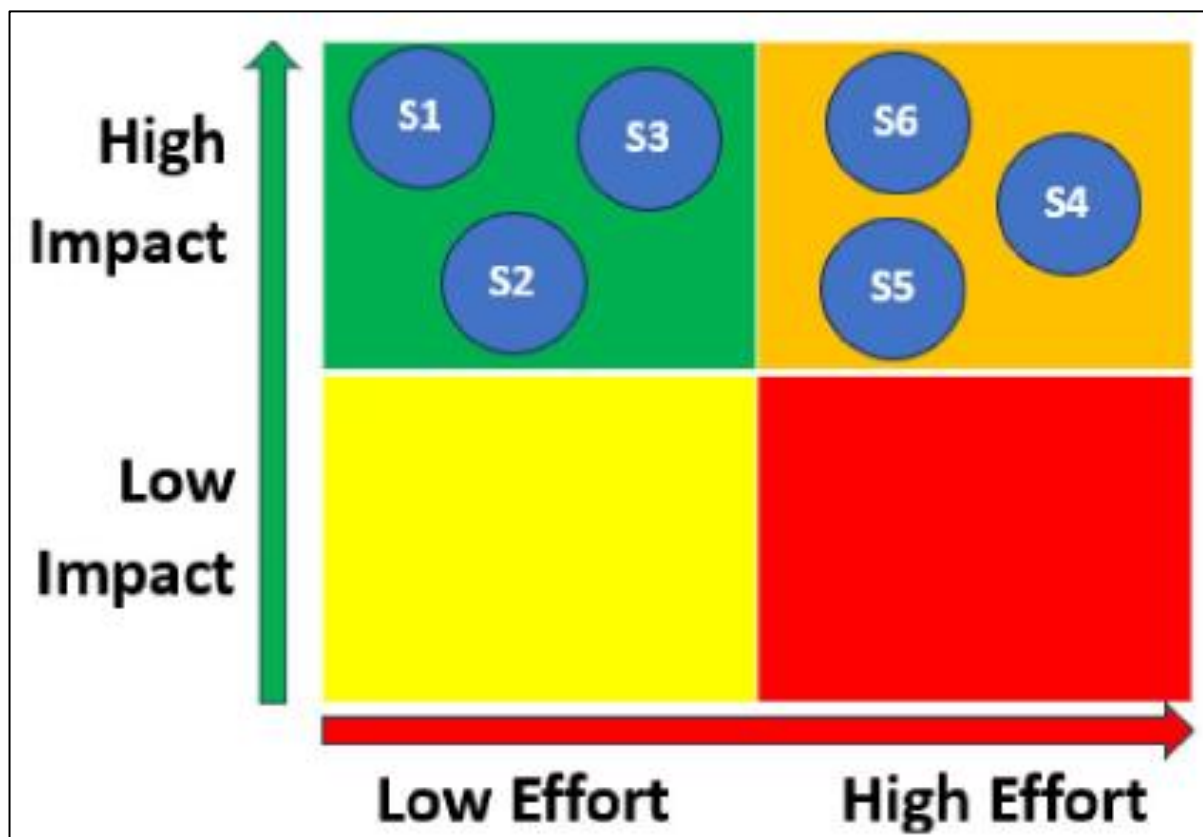
### 3.4 Clasificación de soluciones

Las soluciones propuestas fueron evaluadas y categorizadas según su impacto operativo, el esfuerzo de implementación requerido y el coste asociado. A continuación, se detallan las alternativas consideradas:

1. Reubicar productos de alta rotación en estanterías frontales según planificación de demanda.
2. Definir rutas de picking optimizadas para cada pedido o lista.
3. Implementar dispositivos móviles para actualización en tiempo real del inventario.
4. Despachar unidades sobrantes de paquetes a granel directamente a tiendas.
5. Reabastecer oportunamente según planificación estacional de demanda.
6. Optimizar el uso del espacio vertical para aumentar la capacidad de almacenamiento.

**Figura 18:**

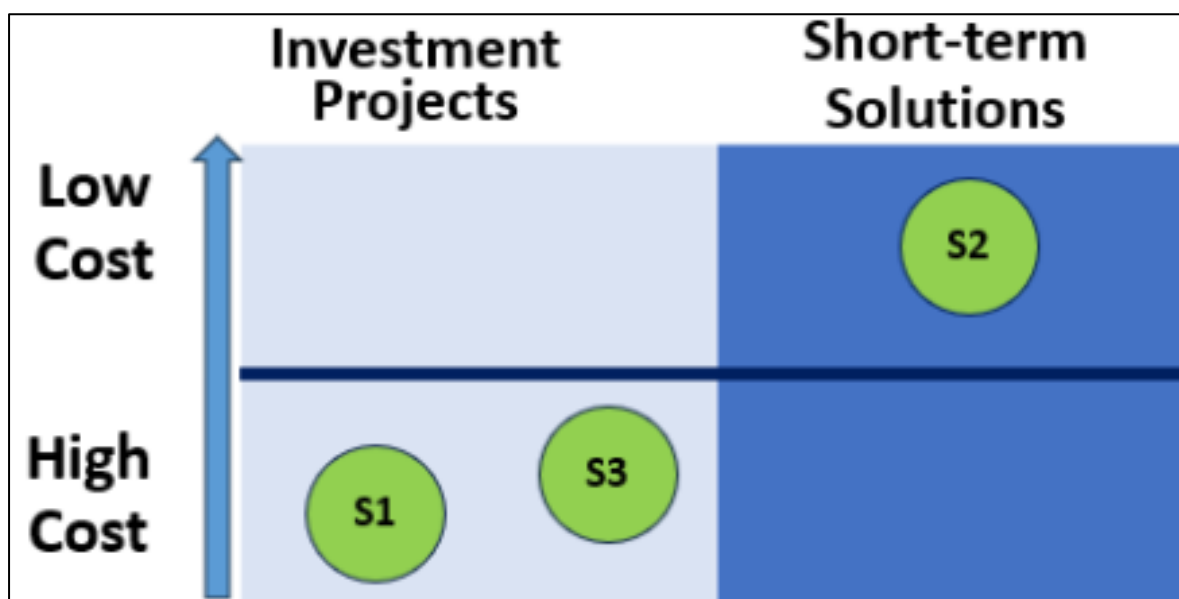
*Matriz Impacto-Esfuerzo de las propuestas de solución*



Una vez determinadas las soluciones de alto impacto y bajo esfuerzo las clasificamos según el costo asociado a su implementación, por esta razón las separamos en 2 tipos de soluciones, las primeras son proyectos de inversión por su considerable costo y las segundas mejoras rápidas que serán en las que nos enfocaremos.

**Figura 19:**

*Clasificación por costos de las propuestas de solución*



Con base en los hallazgos, se realizará un análisis detallado de la segunda solución propuesta: Definir rutas de picking optimizadas para cada pedido o lista.

### 3.5 Plan de implementación

Una vez definida la solución a implementar, se elaboró un plan de implementación en el que se detallan aspectos clave como el cuándo, cómo y dónde se llevará a cabo, así como los costos estimados y los responsables de su ejecución.

**Tabla 13:**  
*Plan de Implementación*

|                   |                                                                                                                     |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Causa raíz</b> | Fatiga del operador debido a largas distancias recorridas durante los turnos                                        |
| <b>Solución</b>   | Definir rutas de picking optimizadas para cada orden o lista                                                        |
| <b>¿Por qué?</b>  | Permite a los operadores reducir el tiempo de desplazamiento, aumentando el número de listas de picking completadas |
| <b>¿Cómo?</b>     | Mediante un modelo que determina la ruta más eficiente a seguir                                                     |
| <b>¿Dónde?</b>    | Área de picking del almacén de unidades                                                                             |
| <b>¿Cuándo?</b>   | 18 de agosto de 2025                                                                                                |
| <b>¿Quién?</b>    | Personal operativo                                                                                                  |
| <b>Costo</b>      | \$950,00                                                                                                            |

### 3.6 Implementación de solución

De acuerdo con lo establecido en el plan, se procedió a la implementación de la solución propuesta. Los detalles se presentan en las secciones siguientes.

### 3.6.1 Definir rutas de picking optimizadas para cada orden o lista

Se creó un diseño digital del almacén para registrar y visualizar la ubicación de cada percha de manera estructurada.

**Figura 20:**  
*Diseño digital del almacén*

|       |   |       |       |   |       |       |   |       |       |   |       |       |   |       |       |   |       |
|-------|---|-------|-------|---|-------|-------|---|-------|-------|---|-------|-------|---|-------|-------|---|-------|
| 12A12 | 1 | 11A12 | 10A12 | 1 | 09A12 | 08A12 | 1 | 07A12 | 06A12 | 1 | 05A12 | 04A12 | 1 | 03A12 | 02A12 | 1 | 01A12 |
| 12A13 | 1 | 11A13 | 10A13 | 1 | 09A13 | 08A13 | 1 | 07A13 | 06A13 | 1 | 05A13 | 04A13 | 1 | 03A13 | 02A13 | 1 | 01A13 |
| 12A14 | 1 | 11A14 | 10A14 | 1 | 09A14 | 08A14 | 1 | 07A14 | 06A14 | 1 | 05A14 | 04A14 | 1 | 03A14 | 02A14 | 1 | 01A14 |
| 12A15 | 1 | 11A15 | 10A15 | 1 | 09A15 | 08A15 | 1 | 07A15 | 06A15 | 1 | 05A15 | 04A15 | 1 | 03A15 | 02A15 | 1 | 01A15 |
| 12A16 | 1 | 11A16 | 10A16 | 1 | 09A16 | 08A16 | 1 | 07A16 | 06A16 | 1 | 05A16 | 04A16 | 1 | 03A16 | 02A16 | 1 | 01A16 |
| 12A17 | 1 | 11A17 | 10A17 | 1 | 09A17 | 08A17 | 1 | 07A17 | 06A17 | 1 | 05A17 | 04A17 | 1 | 03A17 | 02A17 | 1 | 01A17 |
| 12A18 | 1 | 11A18 | 10A18 | 1 | 09A18 | 08A18 | 1 | 07A18 | 06A18 | 1 | 05A18 | 04A18 | 1 | 03A18 | 02A18 | 1 | 01A18 |
| 12A19 | 1 | 11A19 | 10A19 | 1 | 09A19 | 08A19 | 1 | 07A19 | 06A19 | 1 | 05A19 | 04A19 | 1 | 03A19 | 02A19 | 1 | 01A19 |
| 12A20 | 1 | 11A20 | 10A20 | 1 | 09A20 | 08A20 | 1 | 07A20 | 06A20 | 1 | 05A20 | 04A20 | 1 | 03A20 | 02A20 | 1 | 01A20 |
| 12A21 | 1 | 11A21 | 10A21 | 1 | 09A21 | 08A21 | 1 | 07A21 | 06A21 | 1 | 05A21 | 04A21 | 1 | 03A21 | 02A21 | 1 | 01A21 |
| 12A22 | 1 | 11A22 | 10A22 | 1 | 09A22 | 08A22 | 1 | 07A22 | 06A22 | 1 | 05A22 | 04A22 | 1 | 03A22 | 02A22 | 1 | 01A22 |
| 12A23 | 1 | 11A23 | 10A23 | 1 | 09A23 | 08A23 | 1 | 07A23 | 06A23 | 1 | 05A23 | 04A23 | 1 | 03A23 | 02A23 | 1 | 01A23 |
| 12A24 | 1 | 11A24 | 10A24 | 1 | 09A24 | 08A24 | 1 | 07A24 | 06A24 | 1 | 05A24 | 04A24 | 1 | 03A24 | 02A24 | 1 | 01A24 |
| 12A25 | 1 | 11A25 | 10A25 | 1 | 09A25 | 08A25 | 1 | 07A25 | 06A25 | 1 | 05A25 | 04A25 | 1 | 03A25 | 02A25 | 1 | 01A25 |
| 12A26 | 1 | 11A26 | 10A26 | 1 | 09A26 | 08A26 | 1 | 07A26 | 06A26 | 1 | 05A26 | 04A26 | 1 | 03A26 | 02A26 | 1 | 01A26 |
| 12A27 | 1 | 11A27 | 10A27 | 1 | 09A27 | 08A27 | 1 | 07A27 | 06A27 | 1 | 05A27 | 04A27 | 1 | 03A27 | 02A27 | 1 | 01A27 |
|       | 1 | 11A28 | 10A28 | 1 | 09A28 | 08A28 | 1 | 07A28 | 06A28 | 1 | 05A28 | 04A28 | 1 | 03A28 | 02A28 | 1 | 01A28 |
|       | 1 |       |       | 1 |       |       | 1 |       |       | 1 |       |       | 1 |       |       | 1 | 01A29 |
|       |   | 11A30 | 10A30 |   | 09A30 | 08A30 |   | 07A30 | 06A30 |   | 05A30 | 04A30 |   | 03A30 | 02A30 |   | 01A30 |
| 12A31 | 1 | 11A31 | 10A31 | 1 | 09A31 | 08A31 | 1 | 07A31 | 06A31 | 1 | 05A31 | 04A31 | 1 | 03A31 | 02A31 | 1 | 01A31 |
| 12A32 | 1 | 11A32 | 10A32 | 1 | 09A32 | 08A32 | 1 | 07A32 | 06A32 | 1 | 05A32 | 04A32 | 1 | 03A32 | 02A32 | 1 | 01A32 |
| 12A33 | 1 | 11A33 | 10A33 | 1 | 09A33 | 08A33 | 1 | 07A33 | 06A33 | 1 | 05A33 | 04A33 | 1 | 03A33 | 02A33 | 1 | 01A33 |
| 12A34 | 1 | 11A34 | 10A34 | 1 | 09A34 | 08A34 | 1 | 07A34 | 06A34 | 1 | 05A34 | 04A34 | 1 | 03A34 | 02A34 | 1 | 01A34 |
|       |   |       |       | 1 |       |       | 1 |       |       | 1 |       |       | 1 |       |       | 1 |       |
| 12A35 | 1 | 11A35 | 10A35 | 1 | 09A35 | 08A35 | 1 | 07A35 | 06A35 | 1 | 05A35 | 04A35 | 1 | 03A35 | 02A35 | 1 | 01A35 |
| 12A36 | 1 | 11A36 | 10A36 | 1 | 09A36 | 08A36 | 1 | 07A36 | 06A36 | 1 | 05A36 | 04A36 | 1 | 03A36 | 02A36 | 1 | 01A36 |
| 12A37 | 1 | 11A37 | 10A37 | 1 | 09A37 | 08A37 | 1 | 07A37 | 06A37 | 1 | 05A37 | 04A37 | 1 | 03A37 | 02A37 | 1 | 01A37 |
| 12A38 | 1 | 11A38 | 10A38 | 1 | 09A38 | 08A38 | 1 | 07A38 | 06A38 | 1 | 05A38 | 04A38 | 1 | 03A38 | 02A38 | 1 | 01A38 |
| 12A39 | 1 | 11A39 | 10A39 | 1 | 09A39 | 08A39 | 1 | 07A39 | 06A39 | 1 | 05A39 | 04A39 | 1 | 03A39 | 02A39 | 1 | 01A39 |
| 12A40 | 1 | 11A40 | 10A40 | 1 | 09A40 | 08A40 | 1 | 07A40 | 06A40 | 1 | 05A40 | 04A40 | 1 | 03A40 | 02A40 | 1 | 01A40 |
| 12A41 | 1 | 11A41 | 10A41 | 1 | 09A41 | 08A41 | 1 | 07A41 | 06A41 | 1 | 05A41 | 04A41 | 1 | 03A41 | 02A41 | 1 | 01A41 |
| 12A42 | 1 | 11A42 | 10A42 | 1 | 09A42 | 08A42 | 1 | 07A42 | 06A42 | 1 | 05A42 | 04A42 | 1 | 03A42 | 02A42 | 1 | 01A42 |
| 12A43 | 1 | 11A43 | 10A43 | 1 | 09A43 | 08A43 | 1 | 07A43 | 06A43 | 1 | 05A43 | 04A43 | 1 | 03A43 | 02A43 | 1 | 01A43 |
| 12A44 | 1 | 11A44 | 10A44 | 1 | 09A44 | 08A44 | 1 | 07A44 | 06A44 | 1 | 05A44 | 04A44 | 1 | 03A44 | 02A44 | 1 | 01A44 |
| 12A45 | 1 |       |       | 1 |       |       | 1 |       |       | 1 |       |       | 1 |       |       | 1 | 01A45 |
| 12A46 | 1 | 11A46 | 10A46 | 1 | 09A46 | 08A46 | 1 | 07A46 | 06A46 | 1 | 05A46 | 04A46 | 1 | 03A46 | 02A46 | 1 | 01A46 |
| 12A47 | 1 | 11A47 | 10A47 | 1 | 09A47 | 08A47 | 1 | 07A47 | 06A47 | 1 | 05A47 | 04A47 | 1 | 03A47 | 02A47 | 1 | 01A47 |
| 12A48 | 1 | 11A48 | 10A48 | 1 | 09A48 | 08A48 | 1 | 07A48 | 06A48 | 1 | 05A48 | 04A48 | 1 | 03A48 | 02A48 | 1 | 01A48 |
| 12A49 | 1 | 11A49 | 10A49 | 1 | 09A49 | 08A49 | 1 | 07A49 | 06A49 | 1 | 05A49 | 04A49 | 1 | 03A49 | 02A49 | 1 | 01A49 |

Se identificaron 3669 bloques, que se identifican con el siguiente formato:

**Tabla 14:**  
*Formato de los bloques*

| 06A40B01 |         |
|----------|---------|
| 06       | Fila    |
| 40       | Columna |
| B        | Nivel   |
| 01       | Grupo   |

Se definieron las dimensiones de cada bloque de almacenamiento, incluyendo las áreas designadas para el tránsito operativo y la escalera de la plataforma, elementos claves para el desplazamiento del operador a las ubicaciones asignadas.

**Figura 21:**

*Señalización de los espacios de tránsito en la bodega*



**Tabla 15:**

Dimensiones de los espacios de la bodega

|                        |        |
|------------------------|--------|
| Ancho de Bloque        | 120 cm |
| Escalera               | 307 cm |
| Área de transito       | 297 cm |
| Profundidad del bloque | 115 cm |

Luego de identificar el número de bloques y las distancias recorridas por el operador, se desarrolló una matriz de distancias para representar las posibles rutas dentro del almacén.

**Figura 22:**

*Matriz distancia entre bloques*

|       | 12A21 | 12A20 | 12A19 | 12A18 | 12A17 | 12A16 | 12A15 | 12A14 | 12A13 | 12A12 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 12A51 | 47,74 | 48,94 | 50,14 | 51,34 | 52,54 | 53,74 | 54,94 | 56,14 | 57,34 | 58,54 |
| 12A50 | 46,54 | 47,74 | 48,94 | 50,14 | 51,34 | 52,54 | 53,74 | 54,94 | 56,14 | 57,34 |
| 12A49 | 45,34 | 46,54 | 47,74 | 48,94 | 50,14 | 51,34 | 52,54 | 53,74 | 54,94 | 56,14 |
| 12A48 | 44,14 | 45,34 | 46,54 | 47,74 | 48,94 | 50,14 | 51,34 | 52,54 | 53,74 | 54,94 |
| 12A47 | 42,94 | 44,14 | 45,34 | 46,54 | 47,74 | 48,94 | 50,14 | 51,34 | 52,54 | 53,74 |
| 12A46 | 41,74 | 42,94 | 44,14 | 45,34 | 46,54 | 47,74 | 48,94 | 50,14 | 51,34 | 52,54 |
| 12A44 | 39,34 | 40,54 | 41,74 | 42,94 | 44,14 | 45,34 | 46,54 | 47,74 | 48,94 | 50,14 |
| 12A43 | 40,54 | 41,74 | 42,94 | 44,14 | 45,34 | 46,54 | 47,74 | 48,94 | 50,14 | 51,34 |
| 12A42 | 41,74 | 42,94 | 44,14 | 45,34 | 46,54 | 47,74 | 48,94 | 50,14 | 51,34 | 52,54 |
| 12A41 | 42,94 | 44,14 | 45,34 | 46,54 | 47,74 | 48,94 | 50,14 | 51,34 | 52,54 | 53,74 |

Se utilizó el Problema del Agente Viajero (TSP) para determinar la ruta más corta que recorre un conjunto de ubicaciones, visitando cada una exactamente una vez. El modelo fue implementado en Python, cumpliendo con los requisitos de la empresa, que solicitaba acceso al código fuente para futuras integraciones y ajustes operativos.

### Supuestos del modelo

- Todas las perchas incluidas cuentan con suficiente stock del SKU requerido.
- Se planifica una única ruta continua para un solo operador.
- El carro de carga posee la capacidad necesaria para transportar todos los ítems asignados.
- La ruta inicia y finaliza en el depósito, identificado como nodo 0.

### Formulación del modelo

- Conjuntos

0: Instancia de la bodega

C: Conjunto de las perchas disponibles  $\{1, \dots, n\}$

U: Conjunto de todas las ubicaciones  $U = \{0\} \cup C$

- Parámetros

$d_{ij}$  : distancia entre la ubicación  $i$  y  $j$ ;  $\forall i, j \in U$

- Variables

$x_{ij} \begin{cases} 1 & \text{si se viaja de la ubicación } i \text{ a la ubicación } j \\ 0 & \text{Caso contrario} \end{cases}$

- Función Objetivo

minimizar  $z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij}$

- Restricciones

$\sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n x_{ij} = 1; \forall i \in U$  : De cada nodo sale un solo arco (1)

$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n x_{ij} = 1; \forall j \in U$  : A cada nodo llega un solo arco (2)

$x_{ij} \in \{0,1\}; \forall i, j \in U$  : Restricción de tipo variable (3)

Aquí se puede observar un ejemplo breve de orden de picking, en la cual el operador recorre sin sentido alguno.

**Figura 23:**

*Lista de picking original*

| Tipo de venta | SKU                                        | CODIGO | Ubicación | Unidades |
|---------------|--------------------------------------------|--------|-----------|----------|
| 2186717       | TRAPEADOR MAGIC MOP REF:JH101128 (JP)      | 375966 | 10A34A02  | 8        |
| 2186717       | SALERO VIDRIO REF:KC-257                   | 704263 | 11A51A01  | 24       |
| 2186717       | PORTA RETRATO METALICO REF:E526015 (5*7'') | 441551 | 08A33A01  | 12       |
| 2186717       | REPOSTERO VIDRIO REF:171341-157 (425CC)    | 782864 | 09A44A02  | 6        |

A continuación, la orden de picking una vez que se implementa la mejora:

**Figura 24:**

*Lista de picking optimizada*

| Orden de Venta | SKU                                        | CODIGO | Ubicación | Unidades |
|----------------|--------------------------------------------|--------|-----------|----------|
| 2186717        | PORTA RETRATO METALICO REF:E526015 (5*7'') | 441551 | 08A33A01  | 12       |
| 2186717        | TRAPEADOR MAGIC MOP REF:JH101128 (JP)      | 375966 | 10A34A02  | 8        |
| 2186717        | REPOSTERO VIDRIO REF:171341-157 (425CC)    | 782864 | 09A44A02  | 6        |
| 2186717        | SALERO VIDRIO REF:KC-257                   | 704263 | 11A51A01  | 24       |



### 3.7 Resultados de implementación

Se seleccionaron diferentes listas de picking y se realizó la prueba piloto de la ruta más eficiente, la cual impactará positivamente en el tiempo de picking.

**Figura 25:**

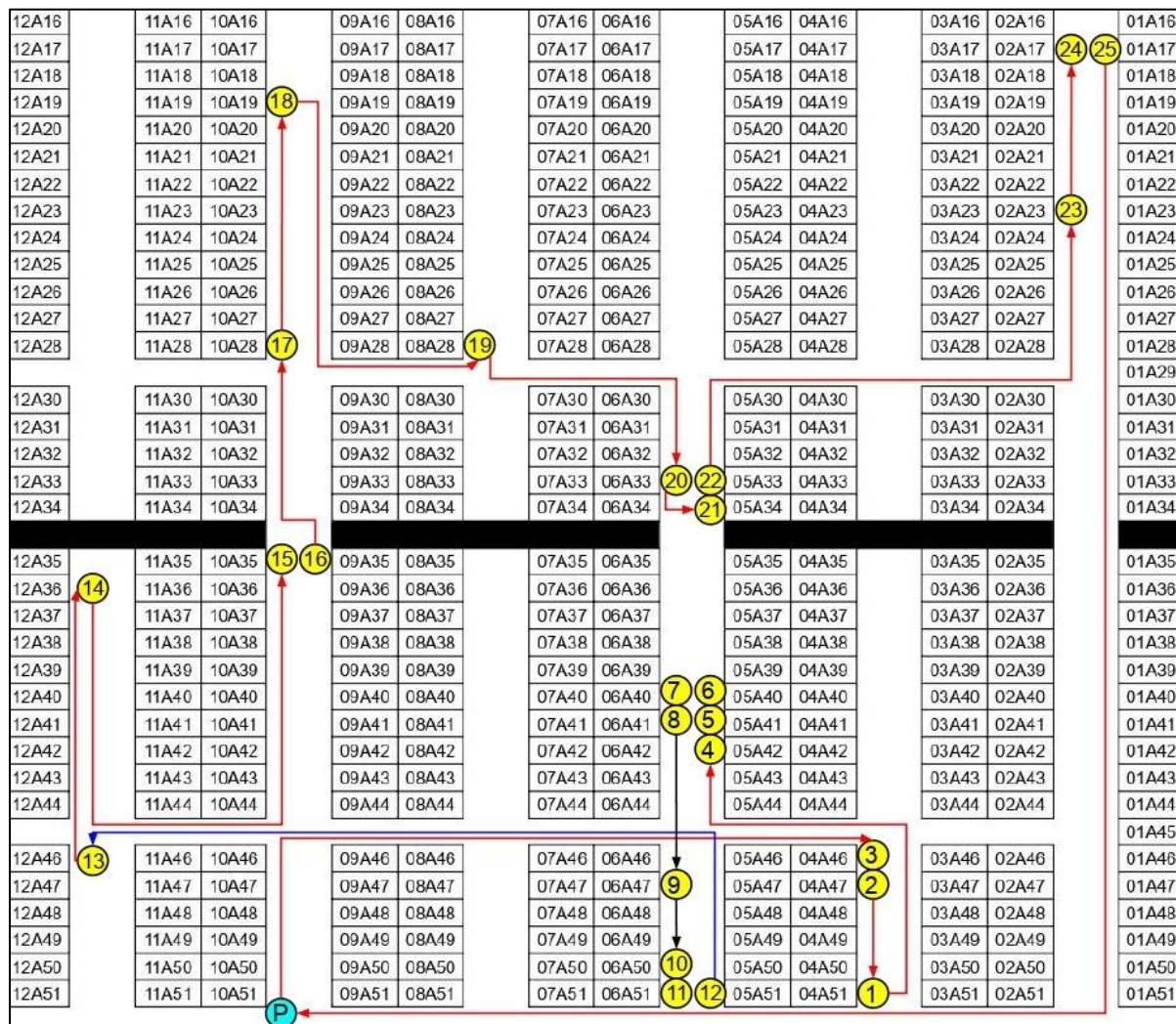
*Lista de picking para prueba piloto*

| Egreso de Sku:                                                                                                                        | 0008321081 | Fecha:                      | 11/08/2025                                         | Transporte.:         | LAAR COURIER            |                |                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------|------------------|
| Número Dcmto.:                                                                                                                        | 3100101425 | Tipo Dcmto.:                | VEN-OR                                             | Fecha Dcmto.:        | 07/08/2025              | Fecha Asigna.: | 11/08/2025 12:29 |
| Bod. Relacionadas: CDS-1,CDS-1 RT BULTOS,CDS-2,CDS-2 RT BULTOS,CDS-3,CDS-3 RT BULTOS,CDS-4,CDS-4 RT BULTOS,CDS-4 UNIDADES,CDS-6,CDS-6 |            |                             |                                                    |                      |                         |                |                  |
| Observaciones:                                                                                                                        |            |                             |                                                    | Despachador: FABRILN |                         |                |                  |
| Detalle:                                                                                                                              |            | FLORES BAYAS ARNALDO ANDRES |                                                    |                      | Tiempo Estimado: 3.0878 |                |                  |
| Tipo Despacho:                                                                                                                        |            | FERIA                       |                                                    | Fecha Notificación:  |                         |                |                  |
| Bodega: CDS-DESPACHO - BODEGA CDS DESPACHO                                                                                            |            |                             |                                                    |                      |                         |                |                  |
| Bodega Destino:                                                                                                                       |            |                             |                                                    |                      |                         |                |                  |
| Galpón: 01                                                                                                                            |            |                             |                                                    |                      |                         |                |                  |
| Sku                                                                                                                                   | Código     | Código de barras            | Descripción                                        | Emp.                 | Total                   | Lote BPA       |                  |
| 04A51B02                                                                                                                              | 527335     | 6584599238180               | FLOR NAV.REF:ES23818 (25CM)                        | U                    | 103.00                  |                |                  |
| 04A47A02                                                                                                                              | 460658     | 6584599265179               | RAMA NAV.REF:ES26517 (79CM)                        | U                    | 91.00                   |                |                  |
| 04A46B01                                                                                                                              | 776735     | 7502024003294               | FLOR NAV. REF:HM0415 (23CM)                        | U                    | 240.00                  |                |                  |
| 05A42A03                                                                                                                              | 861780     | 4894616179016               | ADORNO NAV.DECORATIVO X4 PZ.DORADA D34-S1216G (12C | U                    | 20.00                   |                |                  |
| 05A41A02                                                                                                                              | 835655     | 6584599276342               | PORTA SERVILLETA NAV.ES27634                       | U                    | 36.00                   |                |                  |
| 05A40A04                                                                                                                              | 699927     | 6584599275628               | CUCHARA ACERO NAV.X6 PZ.DORADA REF:ES27562 (11CM)  | U                    | 50.00                   |                |                  |
| 05A40B02                                                                                                                              | 460111     | 4894616161912               | ADORNO NAV.HO HO NEON REF:LSRM-7696 (80*40CM)      | U                    | 2.00                    |                |                  |
| 06A41A01                                                                                                                              | 894018     | 6584599276359               | PORTA SERVILLETA NAV.ES27635                       | U                    | 36.00                   |                |                  |
| 06A47A02                                                                                                                              | 443577     | 4894616179023               | ADORNO NAV.DECORATIVO X4 PZ.ROJA D34-S1229R (12CM) | U                    | 20.00                   |                |                  |
| 06A50A03                                                                                                                              | 389496     | 6584599264899               | ADORNO NAV.COLGANTE REF:ES26489 (13CM)             | U *                  | 24.00                   |                |                  |
| 06A51A03                                                                                                                              | 942748     | 4894616167266               | PORTA BOCADITO NAV.PORC 2 NIVELES REF:TJ-273       | U                    | 12.00                   |                |                  |
| 06A51B01                                                                                                                              | 855692     | 6584599268927               | ADORNO NAV.COLGANTE REF:ES26892 (30CM)             | U *                  | 22.00                   |                |                  |
| 12A46A02                                                                                                                              | 855692     | 6584599268927               | ADORNO NAV.COLGANTE REF:ES26892 (30CM)             | U *                  | 14.00                   |                |                  |
| 12A36B02                                                                                                                              | 974202     | 7861214597679               | FLOR NAV.REF:ES21958 (28CM)                        | U                    | 517.00                  |                |                  |
| 10A35A03                                                                                                                              | 578967     | 7750308016748               | SARTEN FACUSA NOVA REF:(EH-SAR/NV-24) (24CM)       | U                    | 20.00                   |                |                  |
| 10A35A02                                                                                                                              | 799652     | 7750308016731               | SARTEN FACUSA NOVA REF:(EH-SAR/NV-20) (20CM)       | U                    | 20.00                   |                |                  |
| 10A28A01                                                                                                                              | 959217     | 6584699064474               | COLADOR ACERO REF:LH6447 (24CM)                    | U                    | 36.00                   |                |                  |
| 10A19A01                                                                                                                              | 313595     | 6584599275918               | VELA X2 PZ. PLAST REF:ES27591 (2.3*21CM)           | U                    | 24.00                   |                |                  |
| 08A28A01                                                                                                                              | 455201     | 6584599247991               | COLADERA ACERO REF:ES24799 (D17*42.5CM)            | U                    | 50.00                   |                |                  |
| 06A33A02                                                                                                                              | 580920     | 6584599265872               | ADORNO NAV.DEC.P/ARBOL REF:ES26587 (54CM)          | U                    | 12.00                   |                |                  |
| 05A34A03                                                                                                                              | 888739     | 6584599276304               | PORTA SERVILLETA NAV. REF:ES27630/ES23074 (D3.5*6. | U                    | 35.00                   |                |                  |
| 05A33A03                                                                                                                              | 389496     | 6584599264899               | ADORNO NAV.COLGANTE REF:ES26489 (13CM)             | U *                  | 120.00                  |                |                  |
| 02A23A02                                                                                                                              | 779202     | 7502024003454               | FLOR NAV. REF:HM0431 (33*28CM)                     | U                    | 240.00                  |                |                  |
| 02A17A02                                                                                                                              | 883974     | 9842022020120               | FOLLAJE NAV PREMIUM RAMA PVC 2.7 MTS               | U                    | 8.00                    |                |                  |
| 02A17A01                                                                                                                              | 531442     | 7482023004228               | FLOR ARTIFICIAL NAV.REF:HM0368/A-190 (43*50CM)     | U                    | 96.00                   |                |                  |



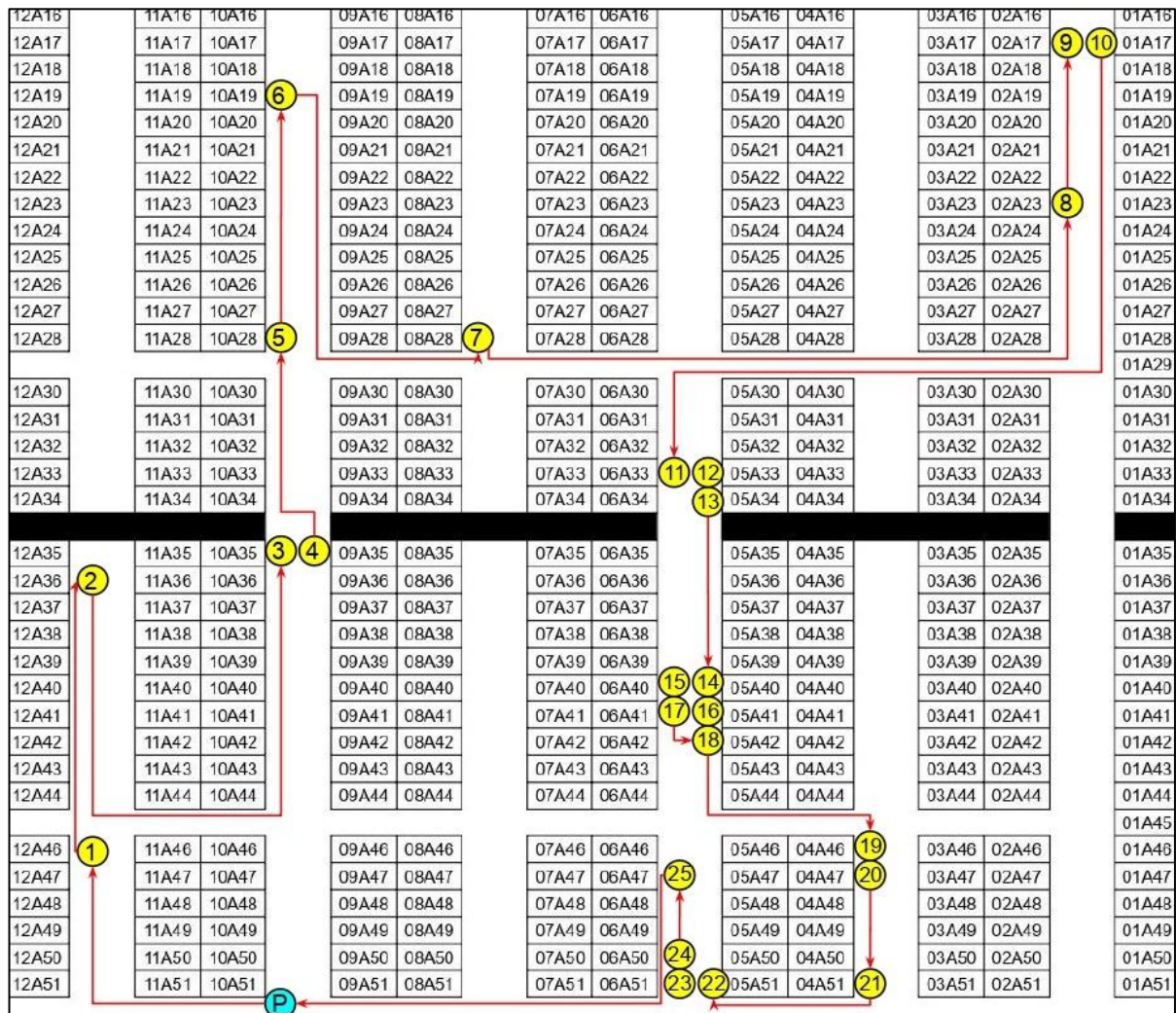
A continuación, se observa el recorrido que realiza el operador con la lista de picking original:

**Figura 26:**  
*Recorrido del operador con lista de picking original*



Luego de implementar la mejora de la ruta más eficiente haciendo uso del modelo que se realizó en Python, se obtuvo lo siguiente:

**Figura 27:**  
*Recorrido del operador con lista de picking optimizada*



También, se registraron los tiempos de la lista picking original y mejorada, dando como resultado lo siguiente:

**Figura 28:**  
*Tiempo de la lista de picking original y optimizada*

| Original SKU | Code   | Description                                          | Total | Original Travel Time (mm:ss,mss) | Ordered SKU | Optimized Travel Time (mm:ss,mss) |
|--------------|--------|------------------------------------------------------|-------|----------------------------------|-------------|-----------------------------------|
| 04A51B02     | 527335 | FLOR NAV.REF:ES23818 (25CM)                          | 103   | 04:22,82                         | 12A46A02    | 00:37,66                          |
| 04A47A02     | 460658 | RAMA NAV.REF:ES26517 (79CM)                          | 91    | 00:31,61                         | 12A36B02    | 00:29,53                          |
| 04A46B01     | 776735 | FLOR NAV. REF:HM0415 (23CM)                          | 240   | 00:50,10                         | 10A35A03    | 00:11,12                          |
| 05A42A03     | 861780 | ADORNO NAV.DECORATIVO X4 PZ.DORADA D34-S1216G (12CM) | 20    | 03:33,64                         | 10A35A02    | 00:02,56                          |
| 05A41A02     | 835655 | PORTA SERVILLETA NAV.ES27634                         | 36    | 00:08,77                         | 10A28A01    | 00:14,86                          |
| 05A40A04     | 699927 | CUCHARA ACERO NAV.X6 PZ.DORADA REF:ES27562 (11CM)    | 50    | 00:26,09                         | 10A19A01    | 00:09,50                          |
| 05A40B02     | 460111 | ADORNO NAV.HO HO NEON REF:LSRM-7696 (80*40CM)        | 2     | 01:57,21                         | 08A28A01    | 00:22,80                          |
| 06A41A01     | 894018 | PORTA SERVILLETA NAV.ES27635                         | 36    | 00:45,17                         | 02A23A02    | 00:48,13                          |
| 06A47A02     | 443577 | ADORNO NAV.DECORATIVO X4 PZ.ROJA D34-S1229R (12CM)   | 20    | 00:25,80                         | 02A17A02    | 00:21,93                          |
| 06A50A03     | 389496 | ADORNO NAV.COLGANTE REF:ES26489 (13CM)               | 24    | 00:19,43                         | 02A17A01    | 00:01,36                          |
| 06A51A03     | 942748 | PORTA BOCADITO NAV.PORC 2 NIVELES REF:TJ-273         | 12    | 00:07,64                         | 06A33A02    | 00:21,78                          |
| 06A51B01     | 855692 | ADORNO NAV.COLGANTE REF:ES26892 (30CM)               | 22    | 01:46,96                         | 05A33A03    | 00:03,88                          |
| 12A46A02     | 855692 | ADORNO NAV.COLGANTE REF:ES26892 (30CM)               | 14    | 00:57,39                         | 05A34A03    | 00:02,70                          |
| 12A36B02     | 974202 | FLOR NAV.REF:ES21958 (28CM)                          | 517   | 00:57,50                         | 05A40B02    | 00:23,39                          |
| 10A35A03     | 578967 | SARTEN FACUSA NOVA REF:(EH-SAR/NV-24) (24CM)         | 20    | 00:49,55                         | 05A40A04    | 00:10,70                          |
| 10A35A02     | 799652 | SARTEN FACUSA NOVA REF:(EH-SAR/NV-20) (20CM)         | 20    | 00:16,46                         | 05A41A02    | 00:02,34                          |
| 10A28A01     | 959217 | COLADOR ACERO REF:LH6447 (24CM)                      | 36    | 00:34,45                         | 06A41A01    | 00:02,65                          |
| 10A19A01     | 313595 | VELA X2 PZ. PLAST REF:ES27591 (2.3*21CM)             | 24    | 07:20,67                         | 05A42A03    | 00:12,71                          |
| 08A28A01     | 455201 | COLADERA ACERO REF:ES24799 (D17*42.5CM)              | 50    | 00:18,90                         | 04A46B01    | 00:28,27                          |
| 06A33A02     | 580920 | ADORNO NAV.DEC.P/ARBOL REF:ES26587 (54CM)            | 12    | 00:46,59                         | 04A47A02    | 00:18,45                          |
| 05A34A03     | 888739 | PORTA SERVILLETA NAV.REF:ES27630/ES23074 (D3.5*6)    | 35    | 00:09,04                         | 04A51B02    | 00:29,83                          |
| 05A33A03     | 389496 | ADORNO NAV.COLGANTE REF:ES26489 (13CM)               | 120   | 00:12,42                         | 06A51B01    | 00:18,58                          |
| 02A23A02     | 779202 | FLOR NAV.REF:HM0431 (33*28CM)                        | 240   | 00:58,26                         | 06A51A03    | 00:32,64                          |
| 02A17A02     | 883974 | FOLLAJE NAV PREMIUM RAMA PVC 2.7 MTS                 | 8     | 00:37,31                         | 06A50A03    | 00:08,26                          |
| 02A17A01     | 531442 | FLOR ARTIFICIAL NAV.REF:HM0368/A-190 (43*50CM)       | 96    | 00:19,21                         | 06A47A02    | 00:10,17                          |
| TOTAL        |        |                                                      |       | 29:32,99                         |             | 07:03,97                          |

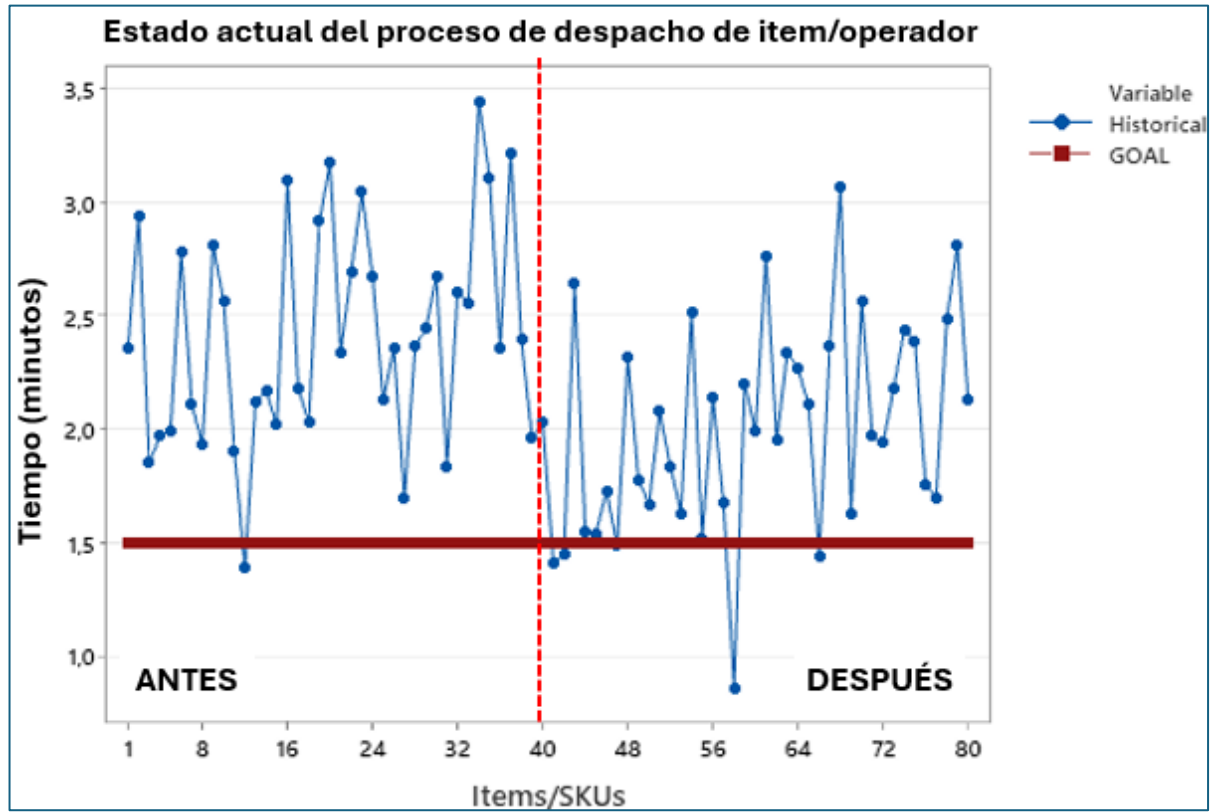
Se puede observar que la reducción de los tiempos en la actividad de recorrido de picking es significativa, ya que con la lista original se obtuvo un total de 30 min aproximadamente, mientras que en la mejorada el tiempo total fue de 7 minutos aproximadamente.



### 3.7.1 Gráficos de control

**Figura 29:**

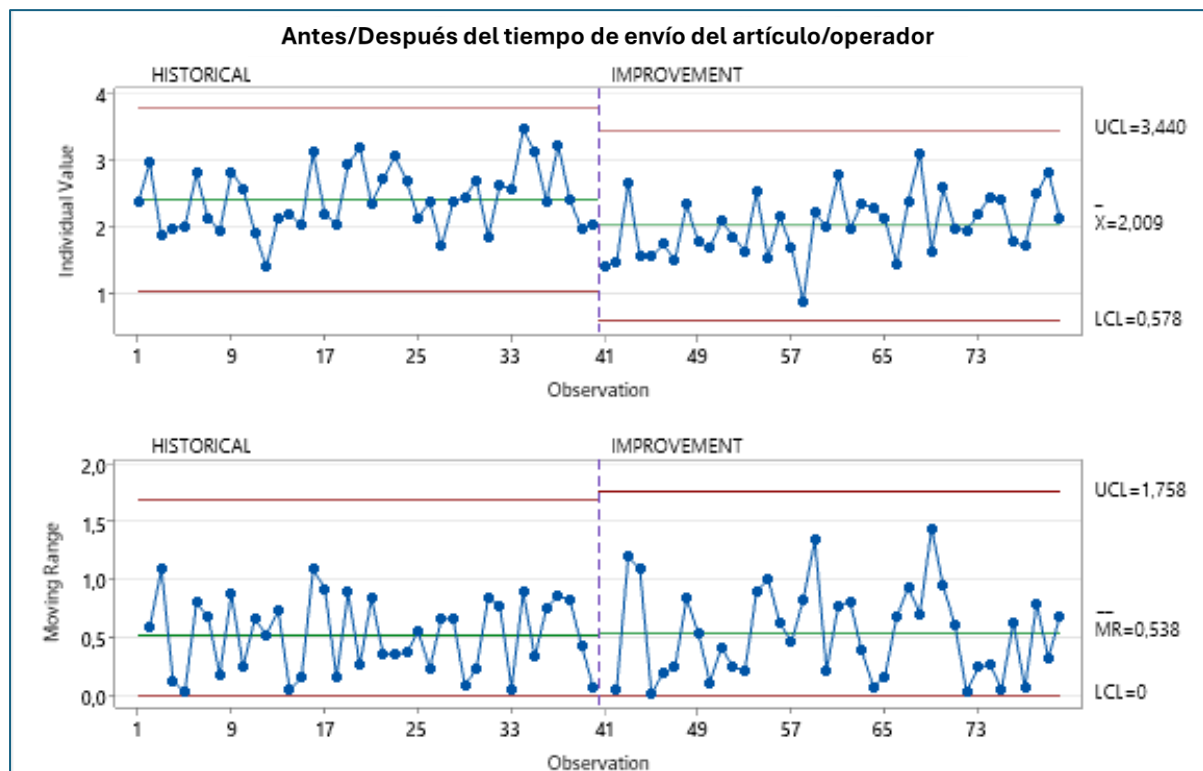
*Serie de tiempo del tiempo de despacho antes y después de la mejora*



Se logró una reducción del 17% en el tiempo de despacho de los artículos. Aunque no se alcanzó el objetivo inicial del 20%, la mejora representa una contribución significativa al desempeño general de la productividad.

**Figura 30:**

*Límites de control del tiempo de despacho antes y después de la mejora*

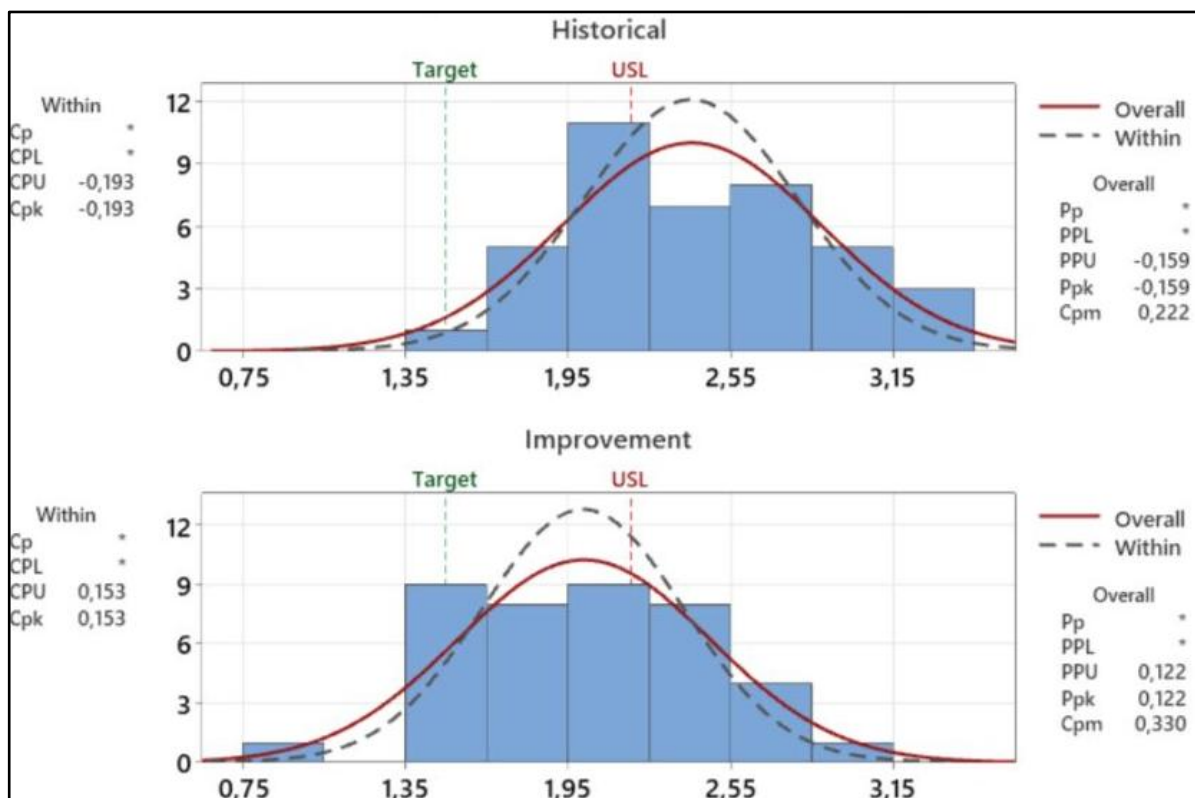


Los datos de los tiempos del proceso se distribuyen cerca de su media, y los límites de control se han reducido en comparación con la situación inicial. Esto indica que la variabilidad del proceso se ha disminuido, lo que significa que el proceso es estable con la implementación de las mejoras.

### 3.7.2 Análisis de capacidad

**Figura 31:**

*Análisis de capacidad del antes y después de la mejora*



**Tabla 16:**

*Resumen de parámetros estadísticos del proceso*

| Variable  | LSL | Target    | USL | Media Muestral | N Muestral | Desv. Est. (Dentro) | Desv. Est. (Global) |
|-----------|-----|-----------|-----|----------------|------------|---------------------|---------------------|
| Histórico | *   | 1.5, 2.18 | *   | 240.760        | 40         | 0.384114            | 0.477089            |
| Mejora    | *   | 1.5, 2.18 | *   | 200.928        | 40         | 0.372589            | 0.465746            |

**Tabla 17:**

*Evaluación de Desempeño Global frente a Especificaciones*

| Variable  | % < LSL | % > USL | % Total |
|-----------|---------|---------|---------|
| Histórico | *       | 68.34   | 68.34   |
| Mejora    | *       | 35.73   | 35.73   |

En el análisis comparativo de capacidad, se observó que el proceso pasó de ser inadecuado a corto y largo plazo a convertirse en un proceso adecuado que requiere control y monitoreo para su mejora. Es decir, el proceso puede generar tiempos de entrega hasta un 35% más cortos a largo plazo.

### **3.7.3 *Triple Bottom Line***

#### **3.7.3.1 Impacto económico.**

La reducción de una hora extra por operador entre semana ha generado un ahorro mensual de \$5.018 en costos operativos. Este ajuste es consecuencia directa de la disminución en los tiempos de despacho, lo que ha permitido procesar más órdenes dentro del horario regular.

#### **3.7.3.2 Impacto ambiental.**

El almacén del centro de distribución registra un ahorro mensual estimado de 2.640 kWh, resultado de la eliminación de horas extra, lo que permite suspender el consumo eléctrico fuera del horario operativo.

#### **3.7.3.3 Impacto social.**

Un aumento del 30% en la productividad los hace acreedores a un bono mensual por cumplimiento de unidades/SKUs despachados.

#### **3.7.3.4 Plan de control.**

A largo plazo, se implementaron controles diarios y mensuales con el objetivo de evaluar continuamente el desempeño del área y detectar nuevas oportunidades de optimización. El plan incluye un esquema detallado que define responsabilidades, actividades, frecuencia, ubicaciones y otros elementos importantes para garantizar que la solución aplicada se mantenga efectiva en el tiempo.

**Tabla 18:**  
*Plan de Control – Seguimiento de rutas de picking optimizadas*

|                  |                                                                             |                                                                        |                                                                            |                                                                         |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>¿Qué?</b>     | Registrar<br>diariamente el<br>tiempo real de<br>despacho por SKU           | Auditar<br>semanalmente el<br>cumplimiento de<br>rutas por operador    | Evaluar<br>indicadores de<br>eficiencia                                    | Revisar ubicación<br>física de productos<br>de alta rotación            |
| <b>¿Quién?</b>   | Analista de<br>procesos                                                     | Supervisor de<br>bodega                                                | Analista de<br>procesos                                                    | Supervisor de<br>bodega                                                 |
| <b>¿Por qué?</b> | Evaluar si las<br>rutas optimizadas<br>mantienen su<br>eficiencia           | Detectar<br>desviaciones y<br>validar uso<br>correcto del<br>recorrido | Justificar ajustes<br>operativos y tomar<br>decisiones basadas<br>en datos | Prevenir<br>recorridos<br>innecesarios por<br>cambios no<br>registrados |
| <b>¿Cómo?</b>    | Bitácora digital +<br>cronómetro +<br>comparación con<br>estándar operativo | Revisión de listas<br>de picking +<br>observación<br>directa           | Visualización de<br>KPIs                                                   | Validación contra<br>sistema + ajuste<br>de ubicación de<br>artículos   |
| <b>¿Cuándo?</b>  | Semanal                                                                     | Semanal                                                                | Mensual                                                                    | Mensual                                                                 |
| <b>¿Dónde?</b>   | Bodega de<br>despacho de<br>unidades                                        | Bodega de<br>despacho de<br>unidades                                   | Área de sistema<br>de gestión                                              | Bodega de<br>despacho de<br>unidades                                    |
| <b>¿Cuánto?</b>  | 2 horas semanales                                                           | 1 hora semanal                                                         | 2 horas mensuales                                                          | 1 hora mensual                                                          |

**Figura 32:**  
*Bitácora para el seguimiento del despacho por SKU*

| LOGO         |           | BITÁCORA                 |                    |                         |                          |                               | Código: BIT-01                   |
|--------------|-----------|--------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
|              |           |                          |                    |                         |                          |                               | Fecha de vigencia: Enero de 2026 |
|              |           |                          |                    |                         |                          |                               | Revisión No.: 00                 |
|              |           |                          |                    |                         |                          |                               | Página 1 de 1                    |
| Fecha Inicio | Fecha Fin | Número de Orden de Venta | Código de SKU/Item | Tiempo de picking (min) | Tiempo de checking (min) | Tiempo de consolidation (min) | Observaciones                    |
|              |           |                          |                    |                         |                          |                               |                                  |
|              |           |                          |                    |                         |                          |                               |                                  |
|              |           |                          |                    |                         |                          |                               |                                  |
|              |           |                          |                    |                         |                          |                               |                                  |
|              |           |                          |                    |                         |                          |                               |                                  |



## Capítulo 4

## **4 Conclusiones y recomendaciones**

### **4.1 Conclusiones**

El presente proyecto tuvo como objetivo principal reducir el tiempo promedio del proceso de despacho en un 20 %, con el fin de incrementar la productividad de los operadores mediante la aplicación de la metodología DMAIC. Para ello, se plantearon tres objetivos específicos: evaluar la capacidad del proceso, identificar las causas raíz de ineficiencia y diseñar soluciones operativas escalables.

En relación con el primer objetivo, se aplicaron herramientas estadísticas que evidenciaron que el proceso inicial no cumplía con las especificaciones internas. Tras la implementación de mejoras, se observó una reducción del 17 % en el tiempo de despacho y una disminución significativa en la variabilidad del proceso, lo que permitió alcanzar niveles de desempeño aceptables tanto a corto como a largo plazo.

Respecto al segundo objetivo, mediante el uso del diagrama de Ishikawa, los 5 porqués y la verificación en campo (GEMBA), se identificaron como causas principales la ubicación inexacta de los productos, la información de inventario no confiable y las largas distancias recorridas por los operadores. Estas causas fueron validadas directamente en la operación, confirmando su impacto en los tiempos de despacho.

Finalmente, para cumplir el tercer objetivo, se diseñó e implementó un modelo de optimización de rutas de picking basado en el Problema del Agente Viajero, desarrollado en Python. Esta solución permitió estandarizar recorridos, reducir desplazamientos innecesarios y aumentar la productividad en un 30 %. Además, se logró un ahorro mensual de \$5.018 en horas extra y una reducción de 2.640 kWh en consumo energético.

## 4.2 Recomendaciones

Se recomienda mantener el uso de la bitácora como instrumento de control operativo. Su estructura permite registrar de forma ordenada los tiempos de picking, checking y consolidación por SKU, facilitando la trazabilidad de cada etapa del proceso de despacho. Este registro es clave para evaluar la eficiencia por actividad y sustentar decisiones de mejora.

Por último, se sugiere que, al consolidar el código de Python como parte integral del sistema operativo de la empresa, incorpore las observaciones del personal operativo y administrativo, dado que su experiencia en campo aporta criterios clave para ajustar el código. La continuidad del modelo dependerá del seguimiento de sus resultados y de la capacidad del equipo para adaptarlo a las condiciones reales de operación.

### **Bibliografía**

George, M. L., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to Nearly 100 Tools for Improving Quality and Speed*. McGraw-Hill.

Liker, J. K., & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*. McGraw-Hill.

Montgomery, D. C. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control* (7th ed.). Wiley.

Pyzdek, T., & Keller, P. A. (2009). *The Six Sigma Handbook* (3rd ed.). McGraw-Hill.

Tague, N. R. (2005). *The Quality Toolbox* (2nd ed.). ASQ Quality Press.

Tan, K. C., & Pawitra, T. A. (2001). Integrating SERVQUAL and Kano's Model into QFD for Service Excellence Development. *Managing Service Quality: An International Journal*, 11(6), 418–430.

Infantes Durán, M. (2018). *El problema del viajante (TSP)*. Trabajo Fin de Grado, Universidad de Sevilla. Disponible en Repositorio IDUS.