

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



**Propuesta de rediseño de las operaciones en tres centros de distribución de una empresa especializada en la fabricación de acero para optimizar el almacenamiento de las macrofamilias de productos terminados y aumentar la productividad, a través de una evaluación detallada de los diseños actuales de las bodegas y la sugerencia de nuevos *layouts***

Trabajo de graduación presentado por Gabriela Alejandra Valdez Del Valle  
para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Industrial

Guatemala,

2024



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



**Propuesta de rediseño de las operaciones en tres centros de distribución de una empresa especializada en la fabricación de acero para optimizar el almacenamiento de las macrofamilias de productos terminados y aumentar la productividad, a través de una evaluación detallada de los diseños actuales de las bodegas y la sugerencia de nuevos *layouts***

Trabajo de graduación presentado por Gabriela Alejandra Valdez Del Valle  
para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Industrial

Guatemala,

2024

Vo. Bo.:

(f)



Ing. Pedro Manuel Rendón

Tribunal Examinador:

(f)



Ing. Pedro Alfonso Rendón

(f)



Ing. Ana Lucía Orellana

(f)



Ing. Antonio José Gómez

Fecha de aprobación de examen de graduación:

Guatemala, 02 de diciembre del 2024

## PREFACIO

El presente trabajo de graduación ha sido el fruto de un proceso lleno de aprendizaje, desafíos y crecimiento personal. A lo largo de su desarrollo, he contado con el apoyo invaluable de varias personas y entidades a quienes quisiera expresar mi más profundo agradecimiento.

En primer lugar, agradezco a Dios, quien ha estado siempre a mi lado, dándome las fuerzas necesarias para no rendirme y abriéndome las puertas hacia las oportunidades que me han permitido llegar hasta aquí. Su presencia en cada paso de mi vida me ha dado la guía y el aliento para superar los desafíos y avanzar con fe y determinación, recordándome siempre que, con Él, todo es posible.

A mis padres, quienes han sido mi mayor apoyo, no solo en este proyecto, sino en cada etapa de mi vida. Su confianza inquebrantable en mi potencial, su sustento incondicional y su amor me han impulsado a dar lo mejor de mí y alcanzar mis metas. Son, sin duda, mis más grandes admiradores y el corazón detrás de cada logro que he conseguido.

Mi más sincero agradecimiento también a mi asesor, quien, con su orientación constante, su confianza en mis capacidades y su disposición para guiarme en cada paso, ha sido un ejemplo a seguir. Su paciencia y dedicación han sido claves para el éxito de este trabajo de graduación.

Por último, quiero expresar mi gratitud a la organización involucrada en este proyecto, la cual, aunque prefiere permanecer en el anonimato, me brindó la información necesaria para la realización de este estudio. A pesar de que algunos datos fueron modificados por motivos de confidencialidad, la disposición y apertura de la empresa para colaborar fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo. Esta colaboración permitió que, a pesar de las limitaciones, se pudiera llevar a cabo un análisis profundo y enriquecedor.

*"El triunfo no es para los que nunca fallan, sino para los que nunca se rinden." – Richard Branson, empresario y fundador del Grupo Virgin*

# ÍNDICE

PREFACIO .....	v
ÍNDICE .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE GRÁFICAS .....	xi
LISTA DE CUADROS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	2
A. Objetivo general .....	2
B. Objetivos específicos.....	2
III. ALCANCE Y LIMITACIONES.....	4
IV. JUSTIFICACIÓN .....	6
V. MARCO TEÓRICO .....	8
A. Empresa siderúrgica .....	8
B. Macrofamilia de productos .....	14
C. Centros de distribución .....	14
D. <i>Layout</i> .....	15
E. Ergonomía .....	15
F. Productividad .....	15
G. Gestión de operaciones.....	15
H. Análisis de procesos .....	15
I. Rastras .....	15
J. Abastecimiento.....	15
K. Puente grúa .....	16
L. VNA.....	16
M. ROI.....	16

VI.	ANÁLISIS DE LOS DISEÑOS ACTUALES.....	17
A.	Identificación desafíos operativos.....	17
B.	Descripción de los centros de distribución .....	18
C.	Disposición y organización del almacenamiento .....	25
D.	Proceso de almacenamiento y distribución.....	25
VII.	ESTRATEGIAS PARA INCREMENTAR LA UTILIZACIÓN DEL ESPACIO DE ALMACENAMIENTO.....	27
A.	Técnicas para mejorar la capacidad de almacenamiento .....	27
B.	Métodos de optimización del espacio .....	32
C.	Consideraciones de salud y eficiencia .....	31
VIII.	PROPUESTA DE MODIFICACIONES A LOS <i>LAYOUTS</i> ACTUALES .....	32
A.	Evaluación y áreas de oportunidad.....	32
B.	Propuestas de mejora.....	41
C.	Justificaciones de las modificaciones propuestas.....	45
IX.	EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA .....	52
A.	Justificaciones de las modificaciones propuestas.....	52
B.	Proyección financiera y cálculo del valor neto actual (VNA) .....	54
C.	Estimación de los beneficios.....	68
D.	Análisis de retorno de la inversión (ROI).....	69
X.	INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD Y SEGUIMIENTO DEL RENDIMIENTO.....	71
A.	Definición de indicadores clave de rendimiento (KPI) .....	71
B.	Interpretación de resultados .....	78
XI.	CONCLUSIONES .....	81
XII.	RECOMENDACIONES.....	83
XIII.	BIBLIOGRAFÍA .....	84
XIV.	APÉNDICES .....	88

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Expresión matemática del retorno sobre la inversión (ROI) .....	16
Figura 2. Diagrama de causa y efecto - ineficiencias en almacenamiento .....	18
Figura 3. Disposición actual del centro de distribución en zona 7 .....	19
Figura 4. Disposición actual del centro de distribución en zona 11 .....	20
Figura 5. Disposición actual del centro de distribución en carretera a El Salvador .....	21
Figura 6. Sistema de estanterías tipo u.....	25
Figura 7. Sistema de estanterías con compartimientos .....	25
Figura 8. Almacenamiento de hierro en el suelo con polines .....	25
Figura 9. Almacenamiento en suelo con tarimas .....	25
Figura 10. Análisis de tiempos de procesos en los centros de distribución previo a la optimización.....	26
Figura 11. Ejemplo de buenas y malas prácticas en la manipulación de cargas.....	31
Figura 12. Ejemplo de flujo de trabajo en un centro de distribución con sistema WMS ..	32
Figura 13. Representación de estanterías <i>cantilever</i> para optimización de espacio .....	32
Figura 14. Representación de estantería <i>cantilever</i> simple.....	31
Figura 15. Representación de estantería <i>cantilever</i> doble.....	31
Figura 16. Representación de estanterías <i>cantilever</i> móviles .....	31
Figura 17. Representación de estanterías <i>push-back</i> .....	31
Figura 18. Representación de estanterías <i>push-backs</i> con carros .....	32
Figura 19. Representación de estanterías <i>push-back</i> con rodillos .....	32
Figura 20. Aplicación del sistema <i>push-back</i> en instalaciones reales.....	31
Figura 21. Visualización de estanterías industriales con alta capacidad de almacenamiento vertical.....	32
Figura 22. Aplicación de estanterías industriales en instalaciones reales .....	31
Figura 23. Análisis Integral de los <i>layouts</i> de los centros de distribución .....	35
Figura 24. Caso específico de fortalecimiento de oportunidades y corrección de debilidades .....	36

Figura 25. Caso específico de fortalecimiento de oportunidades y corrección de debilidades .....	37
Figura 26. Caso específico de corrección de debilidades y afrontamiento de amenazas...37	
Figura 27. Caso específico de corrección de debilidades y afrontamiento de amenazas...38	
Figura 28. Caso específico de sostenimiento de fortalezas y exploración de oportunidades .....	39
Figura 29. Caso específico de sostenimiento de fortalezas y exploración de oportunidades .....	39
Figura 30. Caso específico de exploración de oportunidades y estrategias contra amenazas .....	40
Figura 31. Caso específico de exploración de oportunidades y estrategias contra amenazas .....	40
Figura 32. Rediseño del <i>layout</i> del centro de distribución zona 7 con modificaciones aplicadas.....	42
Figura 33. Rediseño del <i>layout</i> del centro de distribución zona 11 con modificaciones aplicadas.....	43
Figura 34. Rediseño del <i>layout</i> del centro de distribución en carretera a El Salvador con modificaciones aplicadas .....	44
Figura 35. Flujo de procesos operativos revisado post-optimización.....	50
Figura 36. Análisis comparativo de diagramas de recorrido antes y después de la propuesta .....	51
Figura 37. Planificación de actividades para la reestructuración y monitoreo post-implementación.....	53
Figura 38. Estimación de costos e inversión inicial para la modificación del centro de distribución en zona 7 .....	54
Figura 39. Estimación de costos e inversión inicial para la modificación del centro de distribución en zona 11 .....	55
Figura 40. Estimación de costos e inversión inicial para la modificación del centro de distribución en carretera a El Salvador .....	56
Figura 41. Proyección financiera a 5 años del centro de distribución zona 7.....	57
Figura 42. Proyección financiera a 5 años del centro de distribución zona 11 .....	61

Figura 43. Proyección financiera a 5 años del centro de distribución carretera a El Salvador  
.....65

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Diagrama de caja y bigotes - tiempo de descarga .....	26
Gráfica 2. Diagrama de caja y bigotes - tiempo de carga .....	26
Gráfica 3. Proporción de espacio utilizado vs espacio disponible en los centros de distribución .....	33
Gráfica 4. Gráfico de pareto de ventas por macrofamilia .....	45
Gráfica 5. Matriz de comparación de ventas y frecuencia de despacho .....	46
Gráfica 6. Representación gráfica del impacto de variaciones en costos, eficiencia y demanda sobre el VNA para el centro de distribución en zona 7 .....	59
Gráfica 7. Representación gráfica del impacto de variaciones en costos, eficiencia y demanda sobre el VNA para el centro de distribución en zona 11 .....	63
Gráfica 8. Representación gráfica del impacto de variaciones en costos, eficiencia y demanda sobre el VNA para el centro de distribución en carretera a El Salvador ....	67
Gráfica 9. Comparación de productividad de operarios antes y después de las mejoras...	73
Gráfica 10. Comparación del tiempo promedio de ciclo por operación antes y después de las mejoras .....	74
Gráfica 11. Comparación de la TRM antes y después de las mejoras .....	75
Gráfica 12. Comparación de la EA antes y después de las mejoras.....	76
Gráfica 13. Comparación de la EPP antes y después de las mejoras .....	77
Gráfica 14. Comparación de la ED antes y después de las mejoras .....	78

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución de funciones laborales en los centros de distribución.....	22
Cuadro 2. Tipos de almacenamiento, productos correspondientes e ilustraciones.....	25
Cuadro 3. Catálogo de estanterías <i>cantilever</i> : tipos, descripciones e imágenes .....	32
Cuadro 4. Catálogo de estanterías <i>push-back</i> : tipos, descripciones e imágenes.....	32
Cuadro 5. Métodos de optimización y sus beneficios para la salud y la eficiencia.....	31
Cuadro 6. Impacto de variaciones en costos, eficiencia y demanda sobre el centro de distribución en la zona 7 .....	59
Cuadro 7. Impacto de variaciones en costos, eficiencia y demanda sobre el centro de distribución en la zona 11 .....	63
Cuadro 8. Impacto de variaciones en costos, eficiencia y demanda sobre el centro de distribución en carretera a El Salvador.....	67
Cuadro 9. Definición y fórmulas de KPI para la evaluación de mejoras en los centros de distribución .....	71
Cuadro 10. Medición de la productividad de operarios antes y después de la optimización .....	73
Cuadro 11. Medición del tiempo promedio de ciclo por operación antes y después de la optimización.....	74
Cuadro 12. Medición de la TRM antes y después de la optimización.....	75
Cuadro 13. Medición de la EA antes y después de la optimización.....	76
Cuadro 14. Medición de la EPP antes y después de la optimización .....	77
Cuadro 15. Medición de la ED antes y después de la optimización.....	78

## RESUMEN

En los últimos años, la industria de la construcción ha experimentado un crecimiento sin precedentes, lo que ha incrementado significativamente la demanda de productos de acero. Este auge ha ejercido una presión adicional sobre los centros de distribución, donde la eficiencia y el uso óptimo del espacio son cruciales para mantenerse competitivos en un entorno dinámico. En respuesta a los crecientes desafíos en la gestión de la cadena de suministro, este trabajo abordó la revisión y optimización de las operaciones en tres centros de distribución de una empresa especializada en productos de acero.

El estudio comenzó con un análisis completo de los diseños actuales de los centros de distribución. Este análisis reveló que la disposición de los productos no seguía un criterio estandarizado basado en la rotación del inventario, lo que resultaba en una eficiencia operativa subóptima. Se procedió a rediseñar los *layouts* utilizando herramientas como AutoCAD, para permitir una reorganización efectiva del espacio. La reubicación estratégica de los productos y la optimización del flujo de trabajo logran reducir significativamente los tiempos de preparación de pedidos y a mejorar el manejo de inventarios.

En la evaluación de las modificaciones, se consideraron cambios que incrementaron la capacidad de almacenamiento en áreas previamente no aprovechadas. Dichas mejoras incluyen el uso de estanterías verticales y sistemas *cantilever*, que permiten una mayor capacidad de almacenamiento y una gestión más eficiente del espacio. Estos ajustes contribuyen a una reducción en los tiempos de preparación de pedidos y un aumento en la capacidad de respuesta ante la demanda.

El análisis financiero indicó que la propuesta de rediseño es económicamente viable para dos de los centros de distribución, con una recuperación efectiva de la inversión y mejoras en los indicadores de rentabilidad. Sin embargo, el tercer centro presentó desafíos en la recuperación de la inversión inicial, sugiriendo la necesidad de ajustes adicionales. Los resultados financieros variaron, reflejando la importancia de gestionar adecuadamente los costos de oportunidad y la eficiencia operativa para mejorar los resultados económicos.

Finalmente, los indicadores clave de desempeño (KPI) muestran una mejora significativa en la eficiencia operativa, con una reducción en los tiempos de preparación de pedidos y un aumento en la capacidad de respuesta. Estos resultados destacan la efectividad de los cambios implementados, subrayando la importancia de un rediseño estratégico para optimizar las operaciones y mejorar la competitividad en el mercado.

Este trabajo ha proporcionado a la empresa una guía sólida para la optimización de sus centros de distribución, demostrando que una planificación detallada y un rediseño bien fundamentado pueden tener un impacto positivo en la eficiencia operativa y el uso del espacio.

# I. INTRODUCCIÓN

La eficiencia en la gestión de la cadena de suministro se ha convertido en un factor crucial para el éxito y la competitividad de las empresas. Los centros de distribución desempeñan un papel vital en esta dinámica, siendo responsables de localizar, recoger y preparar los productos para su envío, asegurando la satisfacción de los pedidos de los clientes de manera precisa y oportuna. En respuesta al crecimiento exponencial de la demanda de productos de acero en la industria de la construcción, este trabajo se enfocó en el análisis y la optimización de las operaciones en tres centros de distribución de una empresa especializada en la fabricación de dichos productos (Almer, 2023).

La utilidad de este trabajo radica en su capacidad para proporcionar recomendaciones concretas y viables para mejorar la eficiencia y la productividad en los centros de distribución. A través del análisis de los diseños actuales y la propuesta de modificaciones a los *layouts*, se buscó ofrecer a la empresa una guía práctica para optimizar sus operaciones logísticas y maximizar el valor de sus recursos.

El alcance del trabajo incluyó una revisión completa de los diseños actuales de los centros de distribución. Se identificaron áreas clave para la mejora, y se propusieron nuevos *layouts* que permitieron una reorganización efectiva del espacio. Este rediseño se centró en optimizar la disposición de los materiales, reduciendo significativamente los tiempos de preparación de pedidos y mejorando el flujo de trabajo. Para llevar a cabo esta evaluación, se utilizaron datos operativos y se realizaron entrevistas con personal clave, permitiendo un análisis detallado de las operaciones en los tres centros de distribución seleccionados.

La estructura del trabajo comenzó con una revisión detallada de la literatura relacionada con la gestión de operaciones y la optimización de la distribución. A continuación, se describió la metodología utilizada para realizar el estudio, incluyendo la recopilación de datos y el análisis de los diseños actuales. Los resultados del estudio fueron presentados y discutidos,

proporcionando recomendaciones prácticas y aplicables para mejorar la eficiencia operativa. El trabajo concluyó con un resumen de los hallazgos y sugerencias para futuras investigaciones para la implementación, consolidando una base sólida para la mejora continua en la gestión de la cadena de suministro y el rendimiento de los centros de distribución.

Este enfoque integral no solo facilita la mejora de las operaciones actuales, sino que también sienta las bases para una gestión más eficiente y adaptada a las demandas del mercado en constante evolución, contribuyendo así al éxito sostenido de la empresa en un entorno competitivo.

## **II. OBJETIVOS**

### **A. Objetivo general**

Elaborar una propuesta para reestructurar las operaciones y optimizar el almacenamiento de las macrofamilias de productos terminados en tres centros de distribución de una empresa especializada en la fabricación de acero, a través de una evaluación detallada de los diseños actuales de las bodegas y la sugerencia de nuevos *layouts*.

### **B. Objetivos específicos**

1. Analizar los diseños actuales de los centros de distribución de la empresa especializada en la fabricación de acero, para comprender su disposición y organización de almacenamiento de las macrofamilias de productos terminados mediante la revisión de los procesos de almacenamiento, y la recopilación de datos operativos en un plazo de dos semanas.
2. Proponer modificaciones a los *layouts* actuales de los centros de distribución de la empresa especializada en la fabricación de acero, en un plazo de tres semanas, para incrementar la utilización de las áreas no utilizadas de las bodegas, mediante la utilización de AutoCAD.
3. Evaluar la viabilidad económica de la propuesta mediante el cálculo del valor neto actual (VNA), asegurando que la inversión inicial sea recuperada en un período razonable menor a 5 años.

4. Proponer indicadores de productividad que permitan evaluar de manera precisa y cuantitativa la mejora alcanzada como resultado de la implementación de la propuesta, mediante la revisión exhaustiva de los datos operativos y el seguimiento continuo del rendimiento.

### III. ALCANCE Y LIMITACIONES

Este trabajo se enfocó en la optimización de las operaciones en tres centros de distribución de una empresa especializada en la fabricación de productos de acero. El alcance incluyó un análisis detallado de los *layouts* existentes y la propuesta de nuevas configuraciones para mejorar la eficiencia operativa y el uso del espacio. Se contaron con los recursos necesarios, incluyendo herramientas de diseño como AutoCAD, que facilitaron la creación de nuevos diseños para los centros de distribución. Se dispuso de tiempo adecuado para cada fase del estudio, desde la recolección de datos hasta la implementación de las propuestas.

Se utilizaron tanto fuentes de información primarias como secundarias. Las fuentes primarias incluyeron entrevistas con el personal clave de la empresa, proporcionando una comprensión detallada de los procesos operativos y las áreas que requerían mejora. Las fuentes secundarias abarcaron registros operativos y documentación interna que ayudaron a contextualizar las prácticas actuales en los centros de distribución.

En cuanto a las áreas de excelencia, el estudio abordó tres componentes esenciales: procesos y producción, gestión logística, y economía y finanzas. En procesos y producción, se realizó un análisis detallado de los procedimientos operativos para identificar oportunidades de mejora en la eficiencia y productividad. En gestión logística, se evaluaron los procesos de almacenamiento y distribución para optimizar la capacidad de producción y mejorar el desempeño general. Finalmente, en economía y finanzas, se examinó la viabilidad económica de las propuestas de rediseño mediante análisis financieros, incluyendo el valor neto actual (VNA), la tasa interna de retorno (TIR) y el retorno sobre la inversión (ROI), proporcionando una evaluación comprensiva del impacto financiero de las modificaciones propuestas.

El estudio enfrentó ciertas limitaciones, como la falta de autorización para publicar información específica sobre la empresa. No obstante, la información disponible fue clave para realizar análisis profundos y desarrollar propuestas efectivas. Además, la investigación se centró en tres de los once centros de distribución, por lo que los resultados son indicativos, pero no necesariamente representativos de toda la red.

## IV. JUSTIFICACIÓN

En el competitivo mundo empresarial actual, donde cada minuto y cada espacio cuentan, la empresa especializada en la fabricación de productos de acero, a pesar de su liderazgo en el sector, se enfrenta a desafíos logísticos significativos que afectan su eficiencia y rentabilidad. Los centros de distribución, esenciales para el manejo y despacho de productos, requerían una renovación integral para mejorar su desempeño y adaptarse a las crecientes demandas del mercado.

El trabajo se centró en analizar y optimizar las operaciones en tres centros de distribución de la empresa. Se identificó que la disposición actual de los materiales en los almacenes era ineficiente, lo que generaba cuellos de botella y ralentizaba las operaciones. Esta ineficiencia afectaba tanto la capacidad de almacenamiento como los tiempos de preparación de pedidos, lo que evidenciaba una necesidad urgente de reorganización.

Se llevó a cabo un análisis detallado de los diseños existentes, utilizando herramientas avanzadas para desarrollar nuevos *layouts*. Estos diseños propusieron una reorganización efectiva del espacio, incrementando en un 25 % la utilización de áreas previamente no aprovechadas y mejorando la disposición de los productos. La implementación de estanterías verticales y sistemas *cantilever* en zonas estratégicas permitió una optimización del uso del espacio, facilitando un manejo más ágil y eficiente de los inventarios.

El proyecto no solo se enfocó en mejorar la eficiencia operativa, sino también en garantizar una mejor gestión del espacio. Se propuso un enfoque más sistemático para la disposición de los productos, agrupando aquellos de alta rotación y reubicando inventarios para reducir los tiempos de búsqueda y manipulación. Los resultados de estas modificaciones fueron significativos, reflejándose en una reducción de los

tiempos de preparación de pedidos y una mejora en la capacidad de respuesta ante las demandas del mercado.

A nivel financiero, se realizó un análisis detallado que incluyó la evaluación del valor neto actual (VNA), la tasa interna de retorno (TIR) y el retorno sobre la inversión (ROI). Aunque los resultados mostraron que los centros de zona 7 y zona 11 presentaban una viabilidad financiera positiva, con TIR superiores a la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) y VNA positivos, el centro de carretera a El Salvador no logró recuperar la inversión inicial dentro del período evaluado, lo que sugiere la necesidad de ajustes en las estrategias implementadas.

La falta de autorización para divulgar información específica limitó el alcance de algunos análisis, pero no impidió que los datos disponibles fueran utilizados para realizar evaluaciones precisas. A pesar de estas restricciones, el estudio proporcionó una base sólida para futuras optimizaciones y permitió abordar de manera efectiva los desafíos operativos.

La mejora en la disposición física de los productos y en los flujos de trabajo también tuvo un impacto positivo en el ambiente laboral. La reducción de cuellos de botella y la optimización de los procesos logran contribuir a una disminución en la carga de trabajo, mejorando las condiciones laborales y aumentando la satisfacción y el compromiso de los empleados.

Este proyecto subraya la importancia de una gestión estratégica del espacio y los procesos en la cadena de suministro. Las mejoras implementadas no solo optimizaron la eficiencia operativa y financiera de los centros de distribución, sino que también fortalecieron el capital humano de la empresa, posicionándola para enfrentar futuros desafíos con mayor agilidad y competitividad.

## V. MARCO TEÓRICO

- A.** Empresa siderúrgica: industria que, a través de procesos de extracción, fundición, purificación y aleación, se dedica a la producción de acero a partir de los minerales o desechos de hierro (Ruíz, 2022).

Esta cuenta con una amplia gama de productos que incluyen:

- 1.** Perfiles metálicos: son materiales de construcción de acero diseñados específicamente para proporcionar resistencia y estabilidad a las estructuras arquitectónicas (Aceros Torices, 2013).

Entre los principales perfiles ofrecidos se encuentran:

- a.** Vigas de acero: elementos estructurales longitudinales que soportan cargas transversales y redistribuyen el peso de los pisos y muros hacia los cimientos, proporcionando estabilidad y resistencia a la estructura (Aceros de Guatemala, 2022).
- b.** Perfil T: perfil de acero con forma de "T" utilizado como viga o columna en diversas aplicaciones de construcción, proporcionando resistencia y estabilidad a la estructura (Aceros de Guatemala, 2022).
- c.** Perfil redondo: perfil de acero con sección transversal circular, utilizado principalmente en aplicaciones de refuerzo y soporte en estructuras arquitectónicas y proyectos de ingeniería (Aceros de Guatemala, 2022).
- d.** Perfil cuadrado: perfil de acero con sección transversal cuadrada, utilizado para diversas aplicaciones estructurales como columnas,

refuerzos y elementos de soporte en la construcción (Aceros de Guatemala, 2022).

- e. Perfil U: perfil de acero con forma de "U" utilizado principalmente como refuerzo en estructuras metálicas y como elemento de sujeción en diversas aplicaciones de construcción (Aceros de Guatemala, 2022).
  - f. Perfil plano: perfil de acero con una sección transversal plana y rectangular, utilizado como refuerzo en estructuras metálicas, soporte en instalaciones industriales y construcción de elementos de carpintería metálica (Aceros de Guatemala, 2022).
  - g. Perfil Angular: perfil de acero con forma de "L" utilizado como refuerzo en esquinas y bordes de estructuras metálicas, así como en aplicaciones de construcción que requieren un ángulo recto (Aceros de Guatemala, 2022).
  - h. Costanera Negra y Galvanizada: elemento de acero plano utilizado como soporte y fijación en techados, paredes y estructuras metálicas, disponible en versiones negra y galvanizada para resistir la corrosión y el desgaste (Aceros de Guatemala, 2022).
2. Tubería: su principal uso es industrial y se les valora por su resistencia y capacidad de soportar temperaturas y presión extremas, así como elementos destructivos. Los tubos de acero pueden ser redondos, cuadrados o rectangulares, y suelen incorporar aleaciones con diferentes metales, como el aluminio, el titanio, el manganeso o el tungsteno (Planes, 2019) .

- a. **Tubería industrial:** es fabricada con lámina rolada en frío, lo que permite ofrecer tubería cuadrada, redonda y rectangular. Todas con presentaciones de 6 metros. Por su alta resistencia y superficie libre de incrustaciones de óxido, el tubo industrial tiene muchas aplicaciones en el campo de la herrería, la industria de muebles y en todo tipo de elementos de uso diario como: escritorios, percheros, sillas, mesas, gaveteros y muchos más (Aceros de Guatemala, 2022).
  
- b. **Tubería mecánica:** es una tubería de alta resistencia fabricada en acero negro o galvanizado, en longitudes de 6 metros. Es ideal para aplicaciones en el exterior y usos que requieren una gran resistencia estructural o mecánica. Se utiliza en la fabricación de estructuras residenciales, como rejas, pasamanos, puertas y portones (Aceros de Guatemala, 2022).
  
- c. **Tubería estructural:** la tubería estructural negra se fabrica de lámina rolada en caliente. Y la Tubería Estructural Galvanizada, se fabrica de lámina galvanizada. Ambas cuentan con presentación de 6 metros. Es ideal para estructuras que tengan diversas necesidades de esfuerzos mecánicos como: armaduras de techos y de entre pisos, gradas y pasarelas, entre otras (Aceros de Guatemala, 2022).
  
- d. **Tubo bananero galvanizado:** este es utilizado para armar los transportadores de las fincas bananeras. Se fabrica con lámina de acero rolada en caliente en longitud de 6.70 metros (22 pies). Un único diámetro de 1 ¼” y un espesor de pared de 2.9 mm. Esa tubería tiene un recubrimiento mínimo de zinc de 360g/m<sup>2</sup> (Aceros de Guatemala, 2022).
  
- e. **Tubería abierta:** tubería negra fabricada a partir de lámina rolada en frío, el cual se vende en presentación de 5/8” en longitud de 6 metros, cuya característica principal es que la tubería no se suelda con el propósito de utilizarse en escritorios, e introducir lamina negra en la ranura que queda para un mejor acabado (Aceros de Guatemala, 2022).

- f. Cañería intupersa negra y galvanizada: son tuberías disponibles en versiones ligera, mediana y cédula 40. La cañería ligera y mediana se fabrica bajo la Norma BS1387-1985, norma que exige la prueba hidrostática que comprueba la resistencia de 725 libras por pulgada cuadrada (PSI).

La cañería cédula 40 está bajo la norma ASTM A53. Esta norma requiere que se realice una prueba hidrostática comprobando que tienen una resistencia que varía entre 700 a 2,500 PSI por un tiempo no menor a 5 segundos. Se producen dos diferentes clases de cañería: negra y galvanizada, ambas clases utilizan como materia prima lámina rolada en caliente.

La cañería negra ligera y mediana se fabrica sin rosca y sin copla; en presentaciones de 6 metros (Aceros de Guatemala, 2022).

- 3. Hierro: metal de color blanco grisáceo, dúctil, muy tenaz, fácilmente oxidable al contacto con el aire, muy utilizado en la fabricación de piezas y elementos. Se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, desde la construcción de estructuras de edificios y puentes hasta la fabricación de tuberías y la producción de acero (Achierrros, 2019).

Entre los ofrecidos se encuentran:

- a. Varilla de alta resistencia (solapa activa): se fabrica a partir de alambre laminado en frío en varios calibres, incluyendo 9, 7, 4.5, 3 y 1. Este producto presenta un límite de fluencia de 510 MPa (75,000 PSI). En cuanto a sus aplicaciones principales, se usa como refuerzo del concreto, complementando la Malla Electrosoldada, así como en la producción de prefabricados de hierro. Además, la varilla de alta resistencia es utilizada como base en la construcción de diversas estructuras, demostrando su versatilidad y eficacia en diferentes contextos de la industria de la construcción (Aceros de Guatemala, 2022).

- b.** Varilla corrugada: es el hierro con carbono utilizado en la construcción de estructuras de concreto reforzado, el cual se puede presentar en grados: 40, 60 y 80 (Aceros de Guatemala, 2022).
  - c.** Varilla lisa: también conocido como hierro liso, es fabricado partiendo del alambón 5.5 mm y de 6.00 mm y mediante un proceso de enderezado se corta obteniendo 6 y 9 metros de longitud (Aceros de Guatemala, 2022).
- 4.** Trefilado: es un proceso a través del cual se reduce el diámetro del alambre, pudiendo alcanzar una reducción del 90 % en función de las características de las barras que se van a trabajar (Sebirsa, 2021).

Entre los ofrecidos se encuentran:

- a.** Clavo para madera: tiene cabeza plana y con punta en forma de diamante para una mejor adaptación a la madera. Es empacado en cajas de 50 libras con clavo a granel y/o en bolsa de una libra.
- b.** Alambre galvanizado: tiene un recubrimiento garantizado de zinc por inmersión de tipo regular, con una pureza del 99.99 % con el objetivo de protegerlo de la corrosión del medio ambiente, según norma ASTM A641/A641M-03. En presentaciones de rollo de 1qq. y 5 qq (Aceros de Guatemala, 2022).
- c.** Alambre de amarre: es un alambre maleable, fabricado a partir de alambre trefilado calibre 16, este alambre es recocido en un horno eléctrico con el objetivo de darle la maleabilidad requerida, la resistencia a la tensión cumple con la norma ASTM A853-04 (Aceros de Guatemala, 2022).

- d.** Alambre espigado: está conformado por cuatro hilos, dos entorchados de alambre galvanizado, con púas espaciadas uniformemente a lo largo del mismo. Los diferentes tipos de alambres espigados son utilizados principalmente en la construcción de cercos para la protección de ganados y otras tareas agrícolas, así como diferentes aplicaciones de obra civil (Aceros de Guatemala, 2022).
  - e.** Malla ciclón galvanizada: es una tela metálica fabricada con alambre de acero galvanizado, que, torcido y entrelazado, crea un tejido en forma de rombos. El alambre de las orillas se dobla para hacer el remate. Es utilizado mayormente para cercar áreas (Aceros de Guatemala, 2022).
  - f.** Grapa: se fabrica a partir de alambre galvanizado y/o hierro de baja aleación. Se utiliza para fijar el alambre espigado a los postes de madera (Aceros de Guatemala, 2022).
  - g.** Clavo para lámina: está recubierto de zinc por electro galvanizado. Se usa para la instalación de la lámina galvanizada, requiriendo aproximadamente 8 clavos por lámina (Aceros de Guatemala, 2022).
- 5.** Prefabricados: son elementos estructurales que se fabrican fuera del lugar de construcción principal y luego se transportan al sitio para su instalación final.

Entre los ofrecidos se encuentran:

- a.** Prearmados: son productos estructurales compuestos por dos o tres subconjuntos de varillas agrupadas, fabricadas con dos tipos de malla electrosoldada. La primera combinación utiliza laminado en frío de calibres 3 y 7, mientras que la segunda emplea laminado en frío calibre 4.5. Estos elementos prefabricados están diseñados para ser colocados directamente y

fundidos, lo que los convierte en una solución conveniente y eficiente en la construcción. Entre sus usos y beneficios, destacan su capacidad para brindar mayor estabilidad a las construcciones de mampostería, como bloques y ladrillos, así como su utilidad en la elaboración de cimientos, columnas, mochetas y soleras (Aceros de Guatemala, 2022).

- b.** Malla electrosoldada: se produce en conformidad con las normas ASTM-A1064, ASTM-A1040 y Coguanor NGO 36-21, utilizando alambre laminado en frío corrugado en una amplia gama de calibres que incluyen 10, 9, 8, 7, 6, 4.5, 4, 3 y 2. Esta malla está disponible en rollos de 36 y 40 metros de longitud, así como en planchas con diversas dimensiones, como 6 metros de largo por 2.35 metros de ancho, 7.5 metros de largo por 2.50 metros de ancho y 6.10 metros de largo por 1.20 metros de ancho.

La función principal de la malla electrosoldada es proporcionar soporte adicional a la estructura en general, siendo especialmente útil en puntos que requieren mayor refuerzo. Se utiliza como malla de refuerzo sobre muros o alrededor de columnas y otras edificaciones para mejorar su resistencia y estabilidad (Aceros de Guatemala, 2022).

- B.** Macrofamilia de productos: se define como una agrupación de productos similares, pero ligeramente diferentes, a fin de satisfacer determinadas necesidades del mercado (Ptc, 2008).
- C.** Centros de distribución: son infraestructuras adecuadas para realizar operaciones de recepción, almacenamiento, preparación de pedidos y distribución de mercancía. Además, están destinados a la logística de distribución que funcionan como intermediarios dentro de la cadena de suministro, agilizando los procesos y teniendo como prioridad la agilidad, flexibilidad en el servicio y la puntualidad en las entregas (Almer, 2023).

- D.** *Layout*: es la representación de un plano sobre el cual se va a dibujar la distribución de un espacio específico o determinado. s un vocablo del idioma inglés que no forma parte del diccionario de la Real Academia Española. Se traduce al español como 'disposición', 'plan' o 'diseño' (Significados, Equipo, 2023).
- E.** Ergonomía: estudio de la adaptación de las máquinas, muebles y utensilios a la persona que los emplea habitualmente, para lograr una mayor comodidad y eficacia (RAE, 2010).
- F.** Productividad: se refiere a la capacidad de una empresa para generar la mayor cantidad de bienes o servicios con la menor cantidad de recursos utilizados. Se trata de medir la eficiencia de producción por cada factor empleado durante un periodo determinado (Profesionales, 2018).
- G.** Gestión de operaciones: se define como el diseño, operación y mejoramiento de los sistemas que crean y proporcionan los productos y servicios primarios de una empresa (Chase y Jacobs, 2014).
- H.** Análisis de procesos: es el acto de llevar a cabo una revisión exhaustiva y llegar a una comprensión completa de un proceso de negocio (o parte de éste) con el objetivo de mantener o lograr la excelencia del proceso o lograr mejoras incrementales o transformacionales en un proceso empresarial (Venki, 2015).
- I.** Rastras: se tratan de transportes sin motor y carecen de ejes delanteros. En cambio, en la parte trasera cuentan con dos o tres ejes de ruedas gemelas. A estos últimos transportes suelen denominarse tráiler o camión articulado (Renting finders, 2022).
- J.** Abastecimiento: se refiere al proceso de adquisición de materias primas, componentes o productos terminados necesarios para la producción o distribución en los centros de distribución. Implica la búsqueda de proveedores confiables, la negociación de términos y condiciones de compra, y la gestión eficiente de

inventarios para garantizar un suministro continuo y oportuno de materiales (Su, 2021).

- K.** Puente grúa: es un tipo de grúa que se utiliza en fábricas e industrias, para izar y desplazar cargas pesadas, permitiendo que se puedan movilizar piezas de gran porte en forma horizontal y vertical. Una grúa puente se compone de un par de rieles paralelos ubicados a gran altura sobre los laterales del edificio con un puente metálico (viga) desplazable que cubre el espacio entre ellas (Sacardelcentro, 2020).
  
- L.** VNA: es el valor que expresa todos los flujos de efectivo futuros (positivos y negativos) al momento presente para analizar una inversión. Este análisis es una forma de valoración intrínseca y se usa ampliamente en finanzas y contabilidad para determinar el valor de un negocio, la seguridad de una inversión, un proyecto de capital, una nueva empresa, un programa de reducción de costos y cualquier cosa que involucre flujo de caja (Bussiness School , 2020).
  
- M.** ROI: es la cantidad de dinero recibida, después de hacer una inversión (Rivera, 05).

**Figura 1.** *Expresión matemática del retorno sobre la inversión (ROI)*

$$\text{ROI} = (\text{Beneficio neto} / \text{Inversión}) \times 100$$

## VI. ANÁLISIS DE LOS DISEÑOS ACTUALES

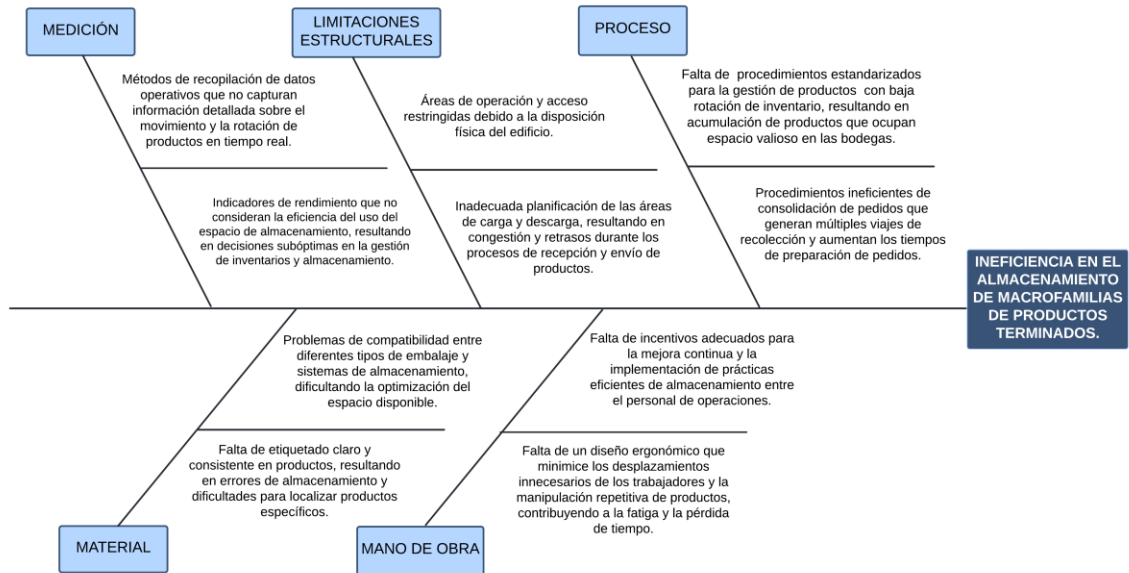
### A. Identificación desafíos operativos

La empresa enfrenta desafíos significativos en la organización y optimización de los centros de distribución, lo cual impacta directamente en su eficiencia operativa y capacidad de respuesta al mercado. Actualmente, la disposición de las macrofamilias de productos terminados en las bodegas se basa en métodos empíricos que no aprovechan plenamente las capacidades de almacenamiento disponibles. Tras las visitas realizadas en la planta, donde se obtuvo información detallada sobre el estado actual de los centros de distribución, se identificó la necesidad urgente de mejorar la disposición y organización de las macrofamilias de productos. En el anexo 1 se muestra el plan efectuado durante estas visitas.

La falta de una metodología estructurada y automatizada impedía una visualización clara de las oportunidades de mejora en el *layout* de las bodegas, lo que resultaba en espacios subutilizados y procesos logísticos menos eficientes. La empresa reconoció la necesidad de actualizar sus prácticas y adoptar lineamientos uniformes que permitieran una gestión más eficaz del espacio y los recursos, con el objetivo de aumentar la productividad y reducir costos operativos.

Para comprender a fondo las causas subyacentes de los desafíos operativos en los centros de distribución, se desarrolló un diagrama de causa y efecto. Este instrumento analítico permitió identificar de manera sistemática los factores que contribuyeron a los problemas en la disposición y organización del almacenamiento.

**Figura 2. Diagrama de causa y efecto - ineficiencias en almacenamiento**



Fuente: elaboración propia.

## B. Descripción de los centros de distribución

### 1. Ubicaciones y tamaños de las bodegas

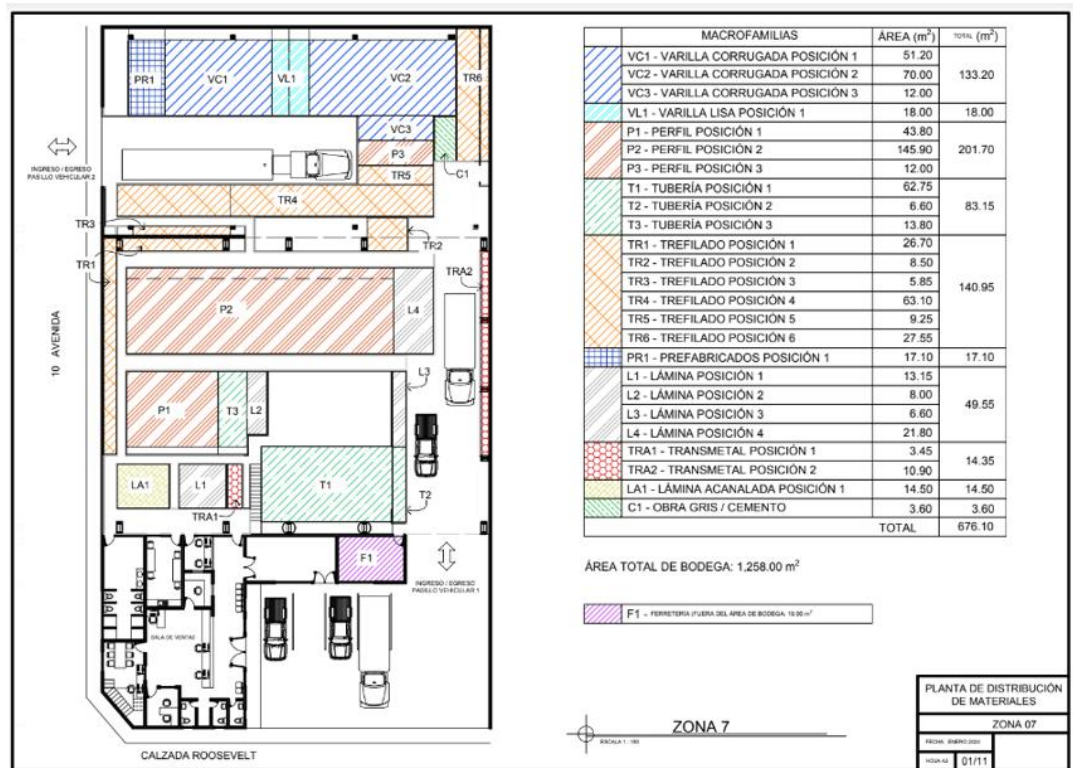
Los centros de distribución analizados en este estudio están situados estratégicamente en tres ubicaciones principales de la ciudad de Guatemala: zona 7, zona 11 y carretera a El Salvador. Estas ubicaciones estratégicas permiten a la empresa cubrir de manera eficiente y oportuna las necesidades logísticas en diferentes áreas geográficas.

#### a. Centro de distribución en zona 7

**Área total:** 1,258 m<sup>2</sup>

**Descripción:** ubicado en una de las principales arterias comerciales, este centro de distribución desempeña un papel crucial en el abastecimiento de productos hacia el oeste de la ciudad y zonas adyacentes.

**Figura 3.** Disposición actual del centro de distribución en zona 7



Fuente: imagen proporcionada por la empresa.

### b. Centro de distribución en zona 11

**Área total:** 1,759.45 m<sup>2</sup>

**Descripción:** esta bodega es fundamental para las operaciones de distribución en el área urbana, facilitando la entrega rápida y eficiente de productos a clientes y proyectos en la ciudad.

**Figura 4.** Disposición actual del centro de distribución en zona 11



Fuente: imagen proporcionada por la empresa.

**c. Centro de distribución en carretera a El Salvador**

**Área total:** 4,735.45 m<sup>2</sup>

**Descripción:** esta bodega, siendo la más grande de las tres, se encarga de gestionar grandes volúmenes de productos, sirviendo eficientemente a clientes y proyectos en áreas industriales y residenciales en expansión.

Figura 5. Disposición actual del centro de distribución en carretera a El Salvador



Fuente: imagen proporcionada por la empresa.

## 2. Productos y servicios

La empresa se distingue como líder en la producción, venta y comercialización de una vasta gama de productos de acero, atendiendo las necesidades de diversos sectores como la construcción, la manufactura y la industria en general. Los productos ofrecidos incluyen alambre, cañería, clavos, y diversos perfiles y estructuras de hierro. Entre estos, se destacan también el corte y doble de hierro, costaneras, grapas, láminas, mallas y prefabricados de hierro. Además, se especializa en la fabricación de tubería estructural e industrial, así como varillas de alta resistencia, productos que son esenciales para proyectos que requieren materiales duraderos y de alta calidad.

La empresa no solo se enfoca en la calidad de sus productos, sino también en ofrecer soluciones integrales que mejoren la eficiencia y seguridad en las construcciones e industrias. Este enfoque integral garantiza que los clientes reciban productos confiables que cumplen con estrictos estándares de calidad, asegurando así su satisfacción y la continuidad de las operaciones de sus proyectos.

### 3. Estructura del personal

Cada centro de distribución cuenta con un equipo de 12 colaboradores, cuyas funciones están claramente definidas para asegurar una operación eficiente.

**Cuadro 1.** *Distribución de funciones laborales en los centros de distribución*

<b>Función laboral</b>	<b>Personal asignado</b>	<b>Descripción funcional</b>
Supervisor de operaciones	1	Responsable de la supervisión completa de las operaciones en el centro de distribución.
Asistente de bodega	1	Gestiona la reportería, atiende a los clientes, realiza el proceso de facturación y confirma los pedidos.
Auxiliares de producto	4	Apoyan a los operadores de puente grúa, enganchando y desenganchando el material, y asegurando su correcta colocación.
Operadores de puente grúa	3	Encargados de manejar el puente grúa de forma segura, minimizando riesgos asociados a la operación.
Operadores de producto	3	Estos colaboradores son responsables de administrar el inventario, realizar conteos y asegurar que la mercancía ingresada esté completa y en buen estado.

### 4. Sistema de comunicación interna

El sistema de comunicación interna en estos centros de distribución es directo, facilitando la coordinación y el flujo de información crucial para las operaciones diarias. Cada mañana, el equipo realiza diálogos de seguridad donde se revisa el desempeño del día anterior, se presentan los KPI (*Key Performance Indicators*) de la bodega y se discuten las labores no rutinarias. Esto asegura que todos los empleados estén al tanto de sus funciones y cualquier cambio en las operaciones, promoviendo un ambiente de trabajo seguro y eficiente.

## **C. Disposición y organización del almacenamiento**

### **1. Organización por macrofamilias**

Las áreas de almacenamiento en los centros de distribución están organizadas por macrofamilias de productos. Hay cinco macrofamilias principales, distribuidas en secciones específicas dentro de cada bodega: perfiles, tubería, hierro, trefilado y prefabricado. Sin embargo, esta distribución ha demostrado ser ineficiente, ya que provoca demoras en las operaciones y dificulta el orden adecuado del inventario.

### **2. Criterios de ubicación**

La disposición de los productos dentro de las bodegas debería basarse en criterios de rotación de inventario, donde los productos con mayor rotación, como la varilla corrugada y ciertos tipos de perfiles, estarían ubicados en zonas de fácil acceso para agilizar los procesos de carga y descarga y optimizar la eficiencia operativa. Sin embargo, este enfoque no se cumple en la práctica, ya que el espacio no está siendo utilizado de manera adecuada, lo que impide la correcta organización de los productos y reduce la eficiencia esperada.

### **3. Sistema de Gestión de Inventarios (SAP)**

Para gestionar y registrar las entradas y salidas de productos, se utiliza el sistema SAP. Este sistema integra todas las operaciones relacionadas con facturaciones, embarques y otros movimientos de inventario, permitiendo mantener un control riguroso y actualizado de los niveles de stock.

### **4. Control de inventarios**

La empresa realiza un inventario físico diariamente en las bodegas. Además, se llevan a cabo inventarios cíclicos, que incluyen conteos diarios realizados por los encargados de inventario, auditorías internas mensuales y auditorías externas anuales. Sin embargo, este conteo físico diario consume una cantidad considerable de tiempo y

recursos, lo que retrasa los procesos operativos y afecta la eficiencia general en las actividades de recepción, despacho y almacenamiento de los productos.

## **5. Gestión de productos de baja rotación**

Los productos con baja rotación son identificados y gestionados a través del sistema SAP, lo que facilita la visualización mediante transacciones específicas. Sin embargo, a pesar de esta identificación, en la bodega no siempre se realizan los cambios físicos en las ubicaciones de estos productos. Esta falta de ajuste en la disposición física lleva a cabo una desorganización y a un proceso de almacenamiento ineficiente, impactando negativamente en la gestión del espacio y en la operatividad general.



## **D. Proceso de almacenamiento y distribución**

### **1. Métodos de almacenamiento**

En los centros de distribución, se emplean varios métodos de almacenamiento para asegurar una gestión eficiente y ordenada de los productos. Estos métodos incluyen racks, estanterías, suelo con polines y tarimas, estanterías tipo U y estanterías con compartimiento. La elección del método de almacenamiento depende del tipo de producto.

**Cuadro 2.** *Tipos de almacenamiento, productos correspondientes e ilustraciones*

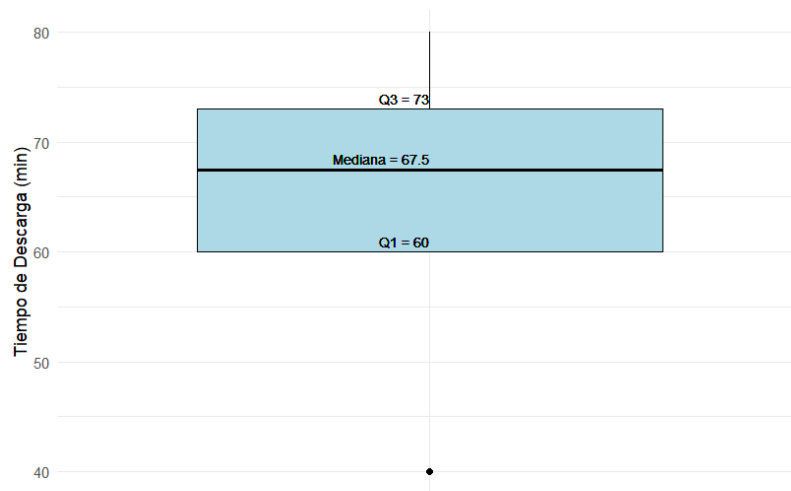
Método de almacenamiento	Producto que se almacena	Ilustración
Esteras tipo U	Perfiles	<p data-bbox="878 359 1386 390"><b>Figura 6.</b> <i>Sistema de estanterías tipo U</i></p>  <p data-bbox="889 909 1365 932">Fuente: fotografía del centro de distribución.</p>
Esteras con compartimientos	Láminas y tuberías	<p data-bbox="878 942 1370 1010"><b>Figura 7.</b> <i>Sistema de estanterías con compartimientos</i></p>  <p data-bbox="889 1554 1365 1577">Fuente: fotografía del centro de distribución.</p>

Suelo con polines	Hierro	<p><b>Figura 8.</b> <i>Almacenamiento de hierro en el suelo con polines</i></p>  <p>Fuente: fotografía del centro de distribución.</p>
Suelo con tarimas	Clavos alambre espigado y	<p><b>Figura 9.</b> <i>Almacenamiento en suelo con tarimas</i></p>  <p>Fuente: fotografía del centro de distribución.</p>

## 2. Tiempos de almacenamiento

Mediante el análisis del histórico de datos y las observaciones directas del proceso, se determinó que el tiempo promedio desde la recepción de los productos hasta que están almacenados y listos para la distribución es de 72 minutos. Este período incluye todas las actividades necesarias para verificar, clasificar y ubicar los productos en sus respectivas áreas de almacenamiento. Para visualizar la distribución de estos tiempos de proceso, se utilizó un diagrama de caja y bigotes, proporcionando una representación clara de las variaciones y la eficiencia del proceso.

**Gráfica 1.** *Diagrama de caja y bigotes - tiempo de descarga*



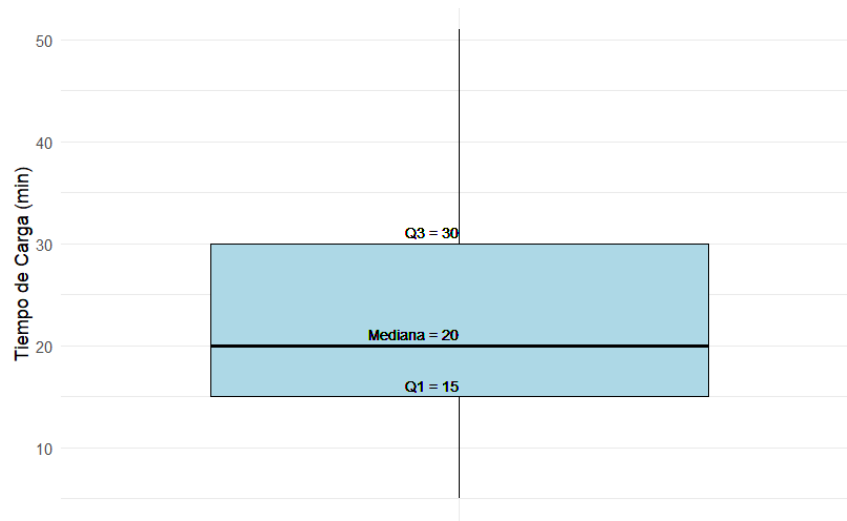
Fuente: elaboración propia

### 3. Preparación de pedidos

La selección de productos para la preparación de pedidos se realiza conforme al *ticket* de despacho que solicita el cliente. Este proceso se lleva a cabo teniendo en cuenta el peso del material, siguiendo una secuencia en la cual los productos más pesados se cargan primero y los más livianos se colocan encima. Esta metodología asegura una distribución segura y eficiente de la carga.

Mediante el histórico de datos y entrevistas con los supervisores, se analizó el tiempo promedio de preparación de un pedido, el cual se estableció en 24 minutos. Se optó por representar estos datos mediante un diagrama de caja y bigotes, facilitando así la visualización y comprensión de las variaciones en los tiempos de preparación.

**Gráfica 2.** *Diagrama de caja y bigotes - tiempo de carga*



Fuente: elaboración propia

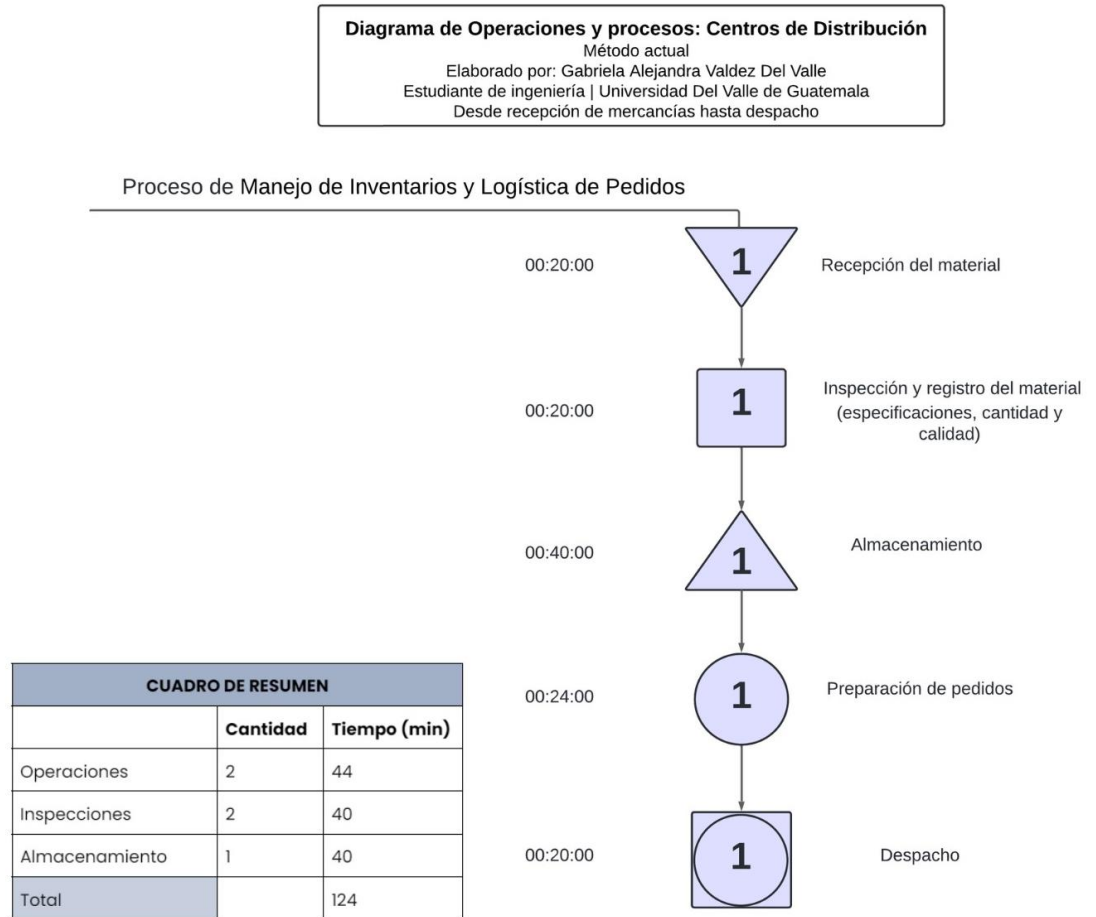
#### **4. Gestión de pedidos y distribución**

Una vez que los productos están preparados y listos para ser despachados, se procede a la carga de los vehículos de transporte. La logística de distribución se organiza para maximizar la eficiencia de las rutas de entrega y asegurar que los productos lleguen a los clientes en el menor tiempo posible y en óptimas condiciones.

#### **5. Diagrama de operaciones y procesos del método actual**

El proceso operativo previo a las modificaciones mostró un ciclo de 124 minutos desde la recepción hasta el despacho de productos, revelando áreas críticas para la mejora. En este flujo de trabajo, la etapa de almacenamiento en estanterías, que abarca entre 30 y 40 minutos, constituye una parte significativa del tiempo total. Este prolongado periodo reflejó una oportunidad clave para optimizar los procedimientos y reducir el tiempo de manejo de inventarios.

**Figura 10.** Análisis de tiempos de procesos en los centros de distribución previo a la optimización



Fuente: elaboración propia.

## **VII. ESTRATEGIAS PARA INCREMENTAR LA UTILIZACIÓN DEL ESPACIO DE ALMACENAMIENTO**

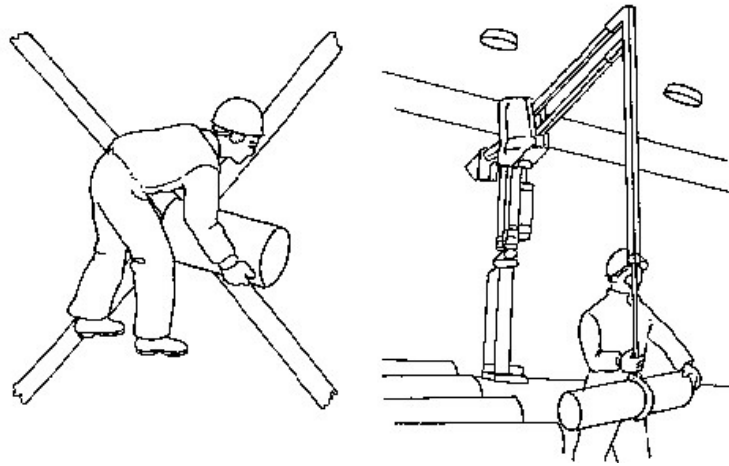
### **A. Técnicas para mejorar la capacidad de almacenamiento**

En el ámbito de la gestión logística, optimizar el espacio de almacenamiento es fundamental para incrementar la eficiencia operativa en industrias que manejan productos como el acero. Por ello, se analizaron estrategias diseñadas para mejorar la capacidad de almacenamiento. Estas soluciones tuvieron como objetivo maximizar el espacio físico disponible, así como mejorar aspectos clave como la seguridad, la ergonomía y la gestión eficaz de inventarios.

#### **1. Diseño ergonómico**

Para implementar el diseño ergonómico en los centros de distribución de una empresa de fabricación de acero, es esencial aplicar técnicas que mejoren la seguridad y eficiencia de los operarios. Una de las principales técnicas es la organización del *layout* para minimizar el levantamiento manual de cargas pesadas. Al ubicar las áreas de almacenamiento de productos pesados, como varillas de acero y perfiles metálicos, a una altura adecuada y accesible, se reduce el esfuerzo físico requerido por los trabajadores. Además, el uso de herramientas de asistencia, como grúas puente ya existentes, facilita el manejo seguro y eficiente de estos materiales (Fundación Estatal para prevención de riesgos, 2020).

**Figura 11.** Ejemplo de buenas y malas prácticas en la manipulación de cargas



Fuente: extraída de Monografías (2023)

Otra técnica ergonómica es la optimización del flujo de trabajo mediante la reducción de movimientos innecesarios. Diseñar pasillos amplios y bien señalizados permite un acceso fácil y rápido a los productos, disminuyendo el tiempo y el esfuerzo físico invertido en la búsqueda y transporte de materiales. Además, se puede implementar un sistema de gestión de almacenes para organizar de manera eficiente el trabajo de los operarios, asignando tareas específicas y optimizando las rutas de recolección y despacho de productos (Esypro, 2023, p. 12).

Finalmente, la capacitación constante en técnicas de manejo seguro de cargas y la promoción de buenas prácticas ergonómicas son esenciales para mantener un entorno de trabajo saludable. Implementar programas de formación y realizar evaluaciones periódicas de las condiciones de trabajo contribuye a identificar y corregir posibles problemas ergonómicos, mejorando la productividad y bienestar de los operarios en los centros de distribución (Esypro, 2023, p. 13).

## **2. Sistemas de almacenamiento en altura**

El sistema de almacenamiento en altura puede ser implementado mediante la instalación de estanterías que maximicen el uso del espacio vertical. Es crucial diseñar el *layout* para facilitar el acceso a diferentes niveles de almacenamiento, utilizando equipos de elevación adecuados. La integración de sistemas dinámicos, como estanterías *push-back*, optimiza el almacenamiento en profundidad y mejora

la eficiencia operativa. Además, la planificación debe incluir sistemas de seguridad, como barandillas y redes de protección, para prevenir accidentes, así como también se debe tomar en cuenta la capacitación en el uso seguro de equipos de elevación y el cumplimiento de normativas de seguridad (Segaracks, 2024).

### **3. Almacenamiento compacto**

El almacenamiento compacto se puede implementar en la industria del acero mediante la utilización de estanterías móviles que permiten compactar las estanterías cuando no se necesita acceso, optimizando así el espacio disponible y mejorando la capacidad de almacenamiento (Mecalux esmena, 2022).

Para integrar eficientemente el almacenamiento compacto en el diseño del *layout* de un centro de distribución de acero, es fundamental considerar varios aspectos. Primero, es importante planificar los pasillos y el flujo de trabajo de manera que se minimicen los tiempos de desplazamiento y se optimice el acceso a los productos almacenados. La disposición de las estanterías debe ser tal que permita una fácil reconfiguración según las necesidades cambiantes del inventario y las operaciones logísticas (Mecalux esmena, 2022).

Además, la integración de sistemas de control y monitoreo automatizados, en conjunto con el WMS, es esencial para gestionar el inventario de manera eficiente. Estos sistemas permiten un seguimiento preciso de las entradas y salidas de productos, asegurando una rotación adecuada y reduciendo el riesgo de errores.

### **4. Sistemas de gestión de almacenes**

La implementación de un sistema de gestión de almacenes (WMS) en la industria del acero puede transformar significativamente la eficiencia y precisión de las operaciones de almacenamiento y logística. El WMS facilita la automatización y optimización de procesos, desde la recepción hasta el despacho de los productos.

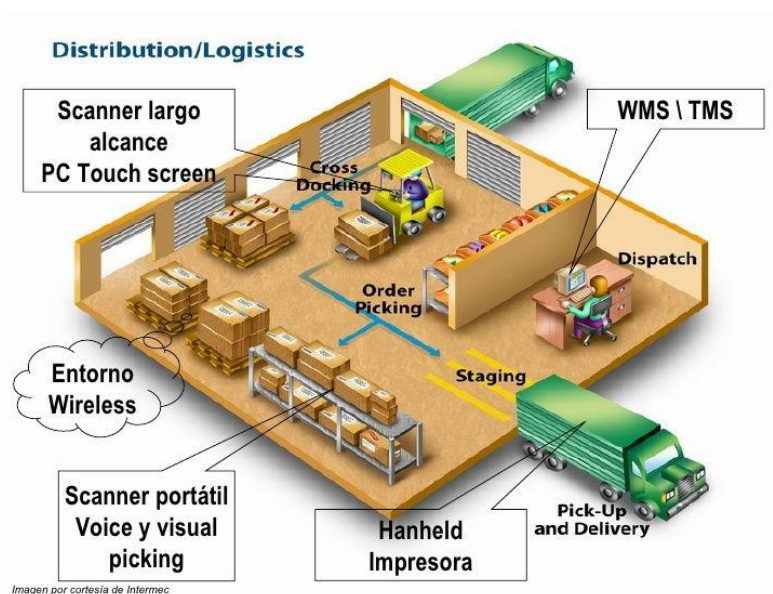
Para diseñar un *layout* eficiente que incorpore un WMS, es crucial considerar varios aspectos clave. En primer lugar, es importante organizar el almacén de

manera que se maximice la eficiencia del flujo de trabajo. Esto incluye la disposición estratégica de las áreas de recepción, almacenamiento, preparación de pedidos y distribución para minimizar los tiempos de desplazamiento y mejorar la accesibilidad (SAP, 2023).

El WMS debe integrarse con las estanterías y sistemas de almacenamiento utilizados, como *cantilever* y *push-back*, para facilitar una gestión precisa y en tiempo real del inventario. La planificación del *layout* debe permitir una fácil actualización y reconfiguración de las áreas de almacenamiento en función de las demandas cambiantes del inventario y las necesidades operativas (SAP, 2023).

Además, es fundamental implementar tecnologías de identificación y seguimiento, como códigos de barras, que se integren con el WMS para asegurar un control preciso del inventario y reducir errores. La disposición del almacén debe incluir puntos de escaneo estratégicos y estaciones de trabajo equipadas con terminales WMS para facilitar la captura y actualización de datos en tiempo real.

**Figura 12.** Ejemplo de flujo de trabajo en un centro de distribución con sistema WMS



Fuente: extraída de Zyk (2024)

## B. Métodos de optimización del espacio

Para abordar los desafíos actuales en la gestión de almacenamiento, es fundamental implementar métodos efectivos de optimización del espacio. Esto incluye la evaluación de los diseños de almacenamiento existentes, la reestructuración de los *layouts* y la adopción de nuevas tecnologías y prácticas. Los métodos propuestos se enfocan en maximizar el uso del espacio, mejorar la accesibilidad de los productos y promover un flujo de trabajo más eficiente.

### 1. Almacenamiento *cantilever*

Las estanterías tipo *cantilever* están diseñadas para almacenar cargas largas y voluminosas, como perfiles metálicos, tubos de plástico o tableros de madera. El sistema ofrece acceso directo a la mercancía almacenada, lo que facilita su manipulación manual (si se trata de cargas ligeras) o a través de equipos de manutención (para cargas pesadas) (Mecaux esmena, 2020).

**Figura 13.** Representación de estanterías *cantilever* para optimización de espacio



Fuente: extraída de Mecalux (2022).



Las estanterías *cantilever* están formadas por bases, columnas y brazos en voladizo, son estructuras robustas de gran resistencia y máxima versatilidad que se adaptan a distintos tipos de almacenes y de productos con medidas especiales. Además, existe una configuración de estanterías *cantilever* móviles, para un mayor aprovechamiento del espacio (Mecaux esmena, 2020).

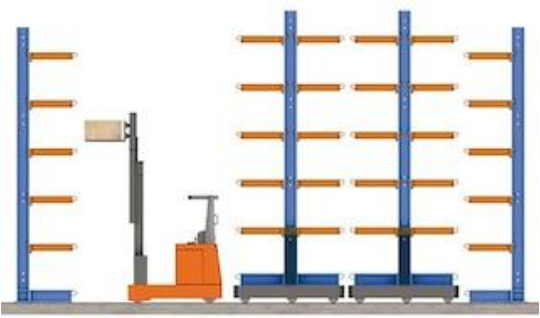
Las estanterías *cantilever* ofrecen varias ventajas significativas para el almacenamiento, entre las cuales se encuentran:

- Sus componentes y accesorios permiten adaptarse a diferentes tipos de cargas largas y voluminosas, variando en peso y dimensiones.
- Facilita la identificación visual inmediata de la mercancía almacenada y asegura un acceso directo a cada producto.
- Compuestas por elementos encajables que simplifican el montaje y permiten la incorporación de módulos adicionales según necesidades futuras.
- Pueden instalarse sobre bases móviles para configurar estanterías móviles, compactando el espacio mientras se conserva el acceso directo a cada artículo.
- Disponibles con diferentes cubiertas que protegen tanto la mercancía como la estructura de las condiciones climáticas adversas en instalaciones al aire libre.
- Incorporan elementos como arriostrados verticales y topes que proporcionan estabilidad y resistencia adicionales a la estructura de almacenamiento (Mecaux esmena, 2020).

Las diversas configuraciones de las estanterías *cantilever* se adaptan a las necesidades de varios tipos de almacenes, ofreciendo desde diseños simples y dobles hasta estructuras cubiertas para uso en exteriores y sistemas móviles que permiten un almacenamiento compacto (Mecaux esmena, 2020).

**Cuadro 3.** *Catálogo de estanterías cantilever: tipos, descripciones e imágenes*

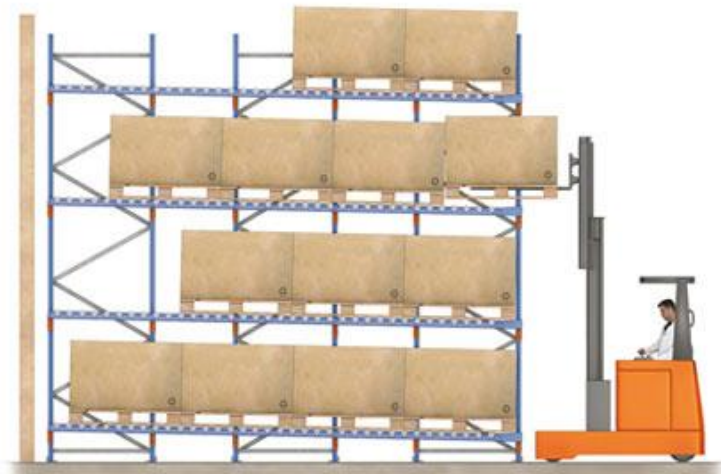
<b>Tipo de estantería</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ilustración</b>
<i>Cantilever simples</i>	Estanterías con acceso por un solo lado. Suelen instalarse adosadas directamente a una pared a fin de aprovechar al máximo el espacio disponible.	<p><b>Figura 14.</b> <i>Representación de estantería cantilever simple</i></p>  <p>Fuente: extraída de Mecalux (2022).</p>
<i>Cantilever dobles</i>	Estanterías que permiten almacenar mercancía a ambos lados de la estructura. Este tipo de cantilever se utiliza en los pasillos intermedios del bloque de estanterías.	<p><b>Figura 15.</b> <i>Representación de estantería cantilever doble</i></p>  <p>Fuente: extraída de Mecalux (2022).</p>

<p><i>Cantilever</i> móviles</p>	<p>Estanterías montadas sobre bases móviles motorizadas. Con esta configuración se aumenta la capacidad de almacenaje sin ampliar la superficie utilizada. Las bases se deslizan sobre carriles empotrados en el suelo.</p>	<p><b>Figura 16.</b> <i>Representación de estanterías cantilever móviles</i></p>  <p>Fuente: extraída de Mecalux (2022).</p>
--------------------------------------	---	--

## 2. Almacenamiento estanterías *push-back*

El sistema de almacenamiento denominado *push-back* se basa en el principio de la acumulación. Es decir, brinda la posibilidad de almacenar varios pallets en fondo por nivel. De esta manera, resulta ser un sistema diseñado para un almacenamiento denso, y cuya acción se realiza por lotes.

**Figura 17.** *Representación de estanterías push-back*


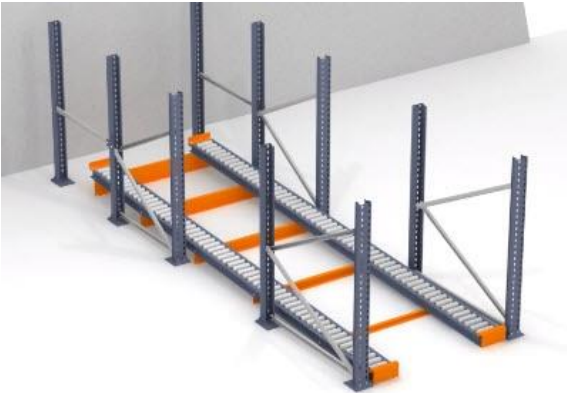


Fuente: amazing steel (2021).

A diferencia de las estanterías comunes, las estanterías *push-back* para paletas cuentan con un único punto de carga y descarga, en el frente de la estructura y las unidades de carga son almacenadas empujando las anteriores hacia el fondo de la estantería (Ar racking, 2023).

En función del sistema de desplazamiento utilizado para el movimiento de los pallets se diferencian dos tipos de estanterías *push-back* dinámicas.

**Cuadro 4.** *Catálogo de estanterías push-back: tipos, descripciones e imágenes*

Tipo de estantería	Descripción	Ilustración
<i>Push-back</i> con carros	En el sistema con carros, cada palet, excepto el último, es depositado sobre un carro que se desplaza sobre raíles con una inclinación positiva.	<p data-bbox="867 758 1398 831"><b>Figura 18.</b> <i>Representación de estanterías push-back con carros</i></p>  <p data-bbox="846 1230 1146 1255">Fuente: extraída de Alibaba.</p>
<i>Push-back</i> con rodillos	El movimiento de los pallets se realiza mediante camas de rodillos fijadas a la estructura con una pequeña inclinación.	<p data-bbox="867 1262 1398 1335"><b>Figura 19.</b> <i>Representación de estanterías push-back con rodillos</i></p>  <p data-bbox="846 1749 1230 1776">Fuente: extraída de Mecalux (2022).</p>

Las estanterías *push-back* para la gestión LIFO (*last in, first out*) presentan varias ventajas clave, que se derivan de su capacidad para optimizar el espacio y agilizar la carga y descarga de materiales. Estas pueden ser:

- Ofrecen un gran aprovechamiento del espacio, siendo una solución de almacenamiento de alta densidad que optimiza la capacidad de almacenaje en el mismo espacio. Es decir, se eliminan los espacios intermedios.
- Cuentan con sistemas de seguridad para el control y frenado de las cargas, minimizando los riesgos tanto en los sistemas de carros como en los de rodillos.
- Son idóneas para productos homogéneos no perecederos, aplicando el sistema de gestión LIFO (*last in, first out*), donde la última unidad de carga en entrar es la primera en salir.
- Son versátiles y compatibles con otros sistemas de almacenaje convencional.

Tienen costes de operación mínimos gracias a la excelente optimización del espacio (Ar racking, 2023).

**Figura 20.** *Aplicación del sistema push-back en instalaciones reales*



Fuente: extraída de Prontometal (2022).

### 3. Almacenamiento estanterías industriales

Las estanterías industriales, utilizadas en almacenes, plataformas logísticas y tiendas, permiten combinar unidades para formar sistemas de almacenamiento adaptados a necesidades específicas. La selección adecuada depende del espacio disponible y la altura del techo, factores que determinan la estantería industrial más apropiada (Mecalux Colombia, 2019).

**Figura 21.** *Visualización de estanterías industriales con alta capacidad de almacenamiento vertical*



Fuente: extraída de Sagama Industrial (2020)

Las estanterías industriales ofrecen importantes beneficios, tales como:

- Aumento de la productividad laboral.
- Mejor gestión de recursos.
- Optimización del espacio.
- Mayor capacidad de almacenamiento.
- Eficiencia en el uso del espacio por metro cuadrado.
- Organización y localización mejoradas de la mercancía, con mayor protección contra daños.
- Mayor seguridad para el personal.

Un gran beneficio de las estanterías industriales es que ocupan poco espacio en metros cuadrados ( $m^2$ ), pero permiten almacenar una gran cantidad de mercancía en altura, maximizando así el volumen de almacenamiento en metros cúbicos ( $m^3$ ). Esto es particularmente valioso para instalaciones que requieren aprovechar al máximo el espacio vertical disponible.

Además, las estanterías metálicas facilitan la separación y organización de la mercancía. Las estanterías metálicas para carga pesada, en particular, garantizan un almacenamiento seguro y organizado, maximizando el uso del espacio disponible. Son ideales para instalaciones que requieren almacenar cargas paletizadas con diversas referencias. Los sistemas de estanterías para palets y cargas pesadas se destacan por su capacidad para ser dispuestos estratégicamente en naves industriales y grandes almacenes (Esnova, 2024).

**Figura 22.** *Aplicación de estanterías industriales en instalaciones reales*



Fuente: extraída de Saltmarsh (2010).

### **C. Consideraciones de salud y eficiencia**

Al implementar métodos de optimización del espacio en los centros de distribución, fue esencial considerar tanto la eficiencia operativa como la salud y seguridad de los trabajadores. Por lo tanto, se llevó a cabo evaluación específica de cómo cada método de optimización del espacio impacta en la salud y la eficiencia. Esta evaluación asegura operaciones seguras y efectivas, promoviendo así un entorno laboral óptimo.

**Cuadro 5. Métodos de optimización y sus beneficios para la salud y la eficiencia**

<b>Método de optimización</b>	<b>Beneficios para la salud</b>	<b>Beneficios para la eficiencia</b>
Almacenamiento <i>cantilever</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La manipulación de cargas largas y pesadas se realiza de manera más segura, reduciendo el riesgo de lesiones asociadas con el manejo manual de materiales voluminosos (Esmelux, 2020).</li> <li>• El diseño abierto y el acceso directo facilitan el manejo de cargas sin necesidad de movimientos repetitivos o posturas forzadas (Esmelux, 2020).</li> <li>• La disposición de las estanterías permite utilizar carretillas elevadoras u otros equipos, reduciendo la necesidad de levantar cargas manualmente y minimizando la exposición a lesiones (Esmelux, 2020).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprovecha toda la altura del almacén, optimizando el espacio vertical y horizontal para un almacenamiento más eficiente (Esmelux, 2020).</li> <li>• El diseño abierto y el fácil acceso permiten una manipulación más rápida y eficiente de las cargas, lo que reduce los tiempos de operación y aumenta la productividad (Esmelux, 2020).</li> <li>• La capacidad de almacenar diferentes tipos de cargas sin importar su peso o dimensiones contribuye a una gestión más eficiente del espacio de almacenamiento (Esmelux, 2020).</li> <li>• La disposición de las estanterías permite una mejor utilización del espacio en comparación con los métodos tradicionales, lo que resulta en una mayor capacidad de almacenamiento en el mismo espacio (Esmelux, 2020).</li> </ul>

<p>Estanterías <i>push-back</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La automatización en el avance de mercancías minimiza la necesidad de manipulación manual, reduciendo el riesgo de lesiones asociadas con el manejo físico de cargas (Jungheinrich, 2022).</li> <li>• La separación entre las zonas de carga y descarga reduce el tráfico interno de vehículos, lo que disminuye el riesgo de accidentes en el almacén (Jungheinrich, 2022).</li> <li>• La organización en bloques y la reducción de recorridos largos permiten una preparación de pedidos más eficiente y menos agotadora para el personal (Jungheinrich, 2022).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El almacenamiento dinámico en bloques maximiza la capacidad de almacenamiento al utilizar el espacio de manera más eficiente (Jungheinrich, 2022).</li> <li>• Las estanterías <i>push-back</i> pueden ampliarse fácilmente, permitiendo adaptaciones según el crecimiento de las necesidades de almacenamiento (Jungheinrich, 2022).</li> <li>• Permite un almacenamiento de alta densidad con recorridos mínimos, optimizando el uso del espacio y mejorando la capacidad de almacenamiento (Jungheinrich, 2022).</li> <li>• La naturaleza del sistema por gravedad requiere menos mantenimiento, lo que reduce los costos operativos y asegura una operación continua sin incidencias (Jungheinrich, 2022).</li> </ul>
---	---	---

<p>Estanterías industriales</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La correcta organización y el acceso eficiente a los productos reducen la necesidad de levantar y transportar cargas pesadas manualmente, disminuyendo el riesgo de lesiones musculoesqueléticas (Mecalux.es, 2019).</li> <li>• Las estanterías bien diseñadas permiten una disposición de los productos a una altura adecuada, lo que facilita el acceso sin necesidad de realizar movimientos incómodos o forzados (Mecalux.es, 2019).</li> <li>• Un sistema de almacenamiento eficiente reduce el tiempo que los empleados pasan buscando o reorganizando productos, lo que puede contribuir a una menor fatiga física y mental (Mecalux.es, 2019).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las estanterías industriales maximizan el uso del espacio vertical, permitiendo almacenar más productos en la misma área (Patarón, 2022).</li> <li>• La organización adecuada facilita el acceso rápido a los productos, mejora la precisión en la gestión de inventarios y reduce el tiempo de preparación de pedidos (Patarón, 2022).</li> <li>• Al reducir el tiempo que se tarda en encontrar y acceder a los productos, se acelera el flujo de trabajo, aumentando la productividad general del almacén o la plataforma logística (Patarón, 2022).</li> </ul>
---------------------------------	--	---

Fuente: elaboración propia

## **VIII. PROPUESTA DE MODIFICACIONES A LOS *LAYOUTS* ACTUALES**

### **A. Evaluación y áreas de oportunidad**

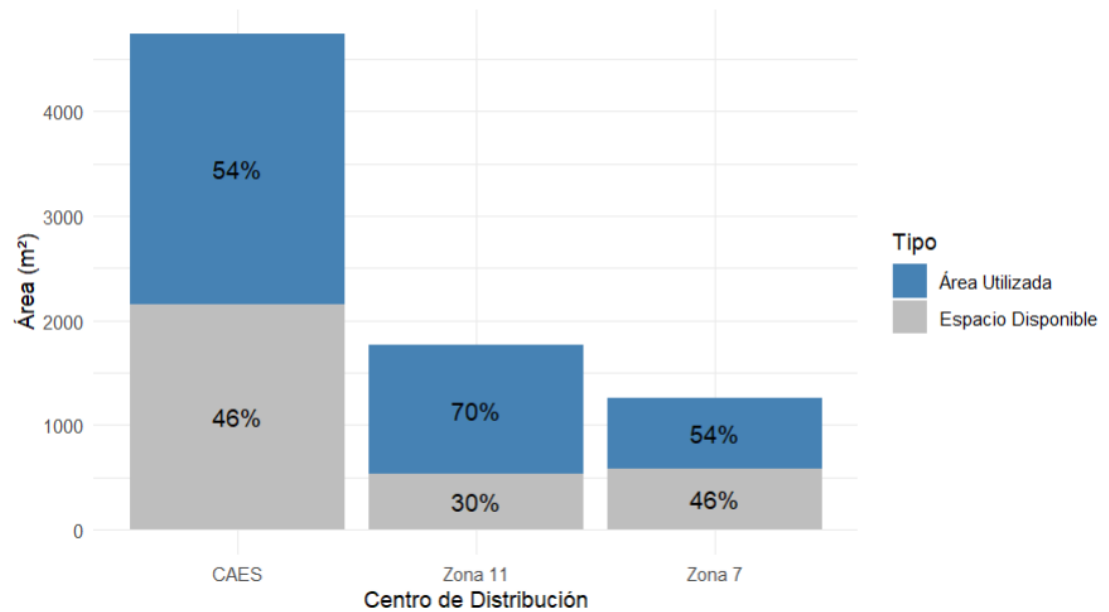
La eficiencia en el uso del espacio en los centros de distribución no solo afecta la operatividad diaria, sino que también impacta directamente en los costos operativos y la capacidad de respuesta a la demanda. Al realizar un análisis y una evaluación de la distribución del espacio en los centros de distribución, se identificaron patrones que revelan oportunidades de mejora.

#### **1. Análisis visual de la utilización del espacio**

Para captar una visión completa del uso del espacio en cada uno de los centros de distribución, se elaboró un gráfico de barras que ilustra la distribución de área total de las bodegas. El gráfico desglosa el área utilizada en comparación con el espacio disponible.

Esto ayudó a identificar la distribución del espacio, revelando no solo la eficiencia actual, sino también el potencial para mejorar la organización y maximizar el uso del área disponible.

**Gráfica 3.** *Proporción de espacio utilizado vs espacio disponible en los centros de distribución*



Fuente: elaboración propia.

De esta manera, los tres centros de distribución presentaron diferentes niveles de ocupación en sus áreas de almacenamiento, lo que refleja la eficiencia y capacidad operativa de cada uno. El centro de distribución de carretera a El Salvador tiene un 54 % de su área utilizada, con un 46 % de espacio disponible. Lo cual señaló que, a pesar de estar en operación, aún cuenta con una considerable capacidad no aprovechada que podría ser optimizada.

Por otro lado, el centro de distribución de zona 11 se destacó como el más eficiente en cuanto al uso del espacio, alcanzando un 70 % del área ocupada y dejando un 30 % disponible. Esta eficiencia puede ofrecer ventajas en la gestión del inventario y en la preparación de pedidos.

En el caso del centro de distribución de zona 7, la situación es similar a la del centro de distribución de carretera a El Salvador, con un 54 % del espacio utilizado y un 46 % aún disponible, lo que indicó una oportunidad para mejorar su rendimiento operativo.

## **2. Análisis FODA basado en los *layouts* actuales**

Para evaluar de manera integral los *layouts* actuales en los centros de distribución, se llevó a cabo un análisis FODA. Este ofreció una perspectiva clara sobre cómo estos diseños afectaban la eficiencia operativa. Al abordar tanto los aspectos positivos como los negativos, este análisis proporcionó una base para desarrollar estrategias de mejora que potencien la capacidad de respuesta de los centros de distribución.

**Figura 23.** *Análisis integral de los layouts de los centros de distribución*

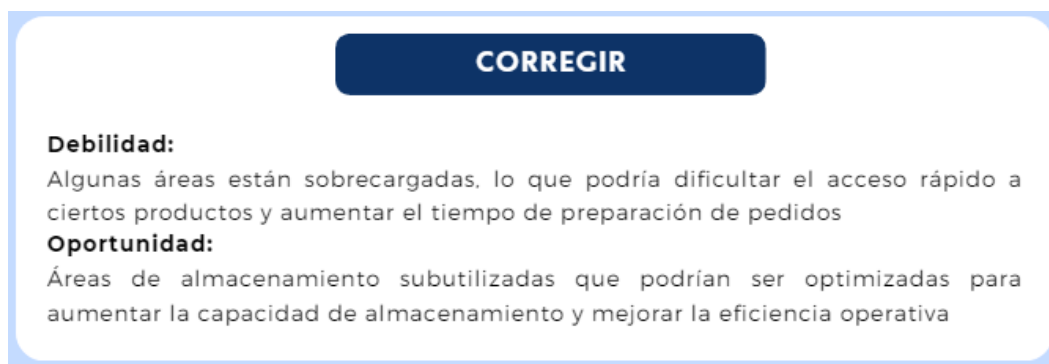


Fuente: elaboración propia

Este análisis proporcionó una perspectiva clara sobre los aspectos internos y externos que influyen en el rendimiento de los centros de distribución. Sin embargo, para traducir estos hallazgos en mejoras concretas, fue necesario profundizar en el análisis mediante el modelo CAME (corregir, afrontar, mantener, explotar). Este enfoque estratégico permitió tomar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas identificadas, y convertirlas en propuestas de acciones específicas para optimizar las operaciones.

La identificación de debilidades en los centros de distribución reveló áreas que requieren atención, pero también proporciona la oportunidad de mejorar aspectos clave. Al cruzar las debilidades con las oportunidades, se pueden diseñar acciones concretas que no solo solucionen los problemas actuales, sino que impulsen un mejor desempeño a largo plazo.

**Figura 24.** *Caso específico de fortalecimiento de oportunidades y corrección de debilidades*



Fuente: elaboración propia.

Para corregir la sobrecarga de algunas áreas, este cruce resaltó que se puede aprovechar la oportunidad de optimizar las zonas subutilizadas y redistribuir los productos de manera más equitativa. Esto no solo podría aligerar la carga en las áreas sobrecargadas, sino que también se notaría una mejora en los tiempos de preparación de pedidos, incrementando la eficiencia general.

**Figura 25.** *Caso específico de fortalecimiento de oportunidades y corrección de debilidades*

Este diagrama de flujo está contenido en un recuadro con un borde azul claro. En la parte superior central, hay un botón azul oscuro con el texto "CORREGIR" en blanco. Debajo del botón, el texto describe una debilidad y una oportunidad.

**CORREGIR**

**Debilidad:**  
La distribución desigual de los productos podría generar ineficiencias en el manejo y transporte interno.

**Oportunidad:**  
Métodos como el almacenamiento en altura podrían ser implementados en las áreas subutilizadas para maximizar el espacio disponible.

Fuente: elaboración propia.

Este cruce permitió identificar la necesidad de implementar un sistema de almacenamiento en altura en las áreas con mayor sobrecarga o desorganización. Al hacerlo, se podría optimizar la distribución de los productos, mejorando tanto el flujo interno como la gestión de inventarios, lo que llevaría a una mayor eficiencia operativa y una reducción en los tiempos de preparación y transporte.

Así pues, las debilidades identificadas en los centros de distribución, combinadas con las amenazas externas, pueden poner en riesgo la eficiencia operativa y la competitividad de la empresa. Para mitigar estos riesgos, es necesario enfrentar directamente las debilidades internas mientras se responde a las amenazas del entorno.

**Figura 26.** *Caso específico de corrección de debilidades y afrontamiento de amenazas*

Este diagrama de flujo está contenido en un recuadro con un borde azul claro. En la parte superior central, hay un botón azul oscuro con el texto "AFRONTAR" en blanco. Debajo del botón, el texto describe una debilidad y una amenaza.

**AFRONTAR**

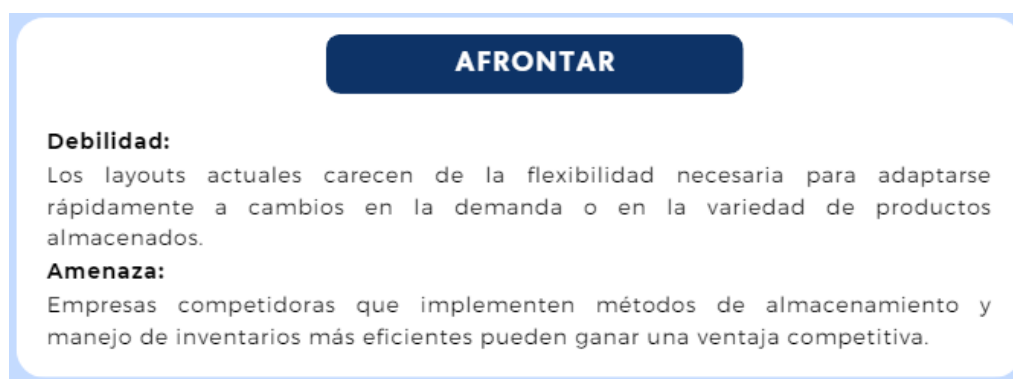
**Debilidad:**  
La distribución desigual de los productos podría generar ineficiencias en el manejo y transporte interno, así como la gestión del inventario.

**Amenaza:**  
La falta de ergonomía y la sobrecarga de ciertas áreas pueden aumentar el riesgo de accidentes y problemas de salud laboral, lo que puede resultar en pérdidas económicas y de productividad.

Fuente: elaboración propia.

Para evitar las ineficiencias y los riesgos de accidentes debido a la distribución desigual de productos, se identificó que es de mucha importancia reorganizar los almacenes de manera más ergonómica y balanceada. Implementar un sistema de almacenamiento que contemple el peso y la frecuencia de uso de los productos podría mitigar el riesgo de accidentes y, a la vez, mejorar la productividad del personal.

**Figura 27.** *Caso específico de corrección de debilidades y afrontamiento de amenazas*

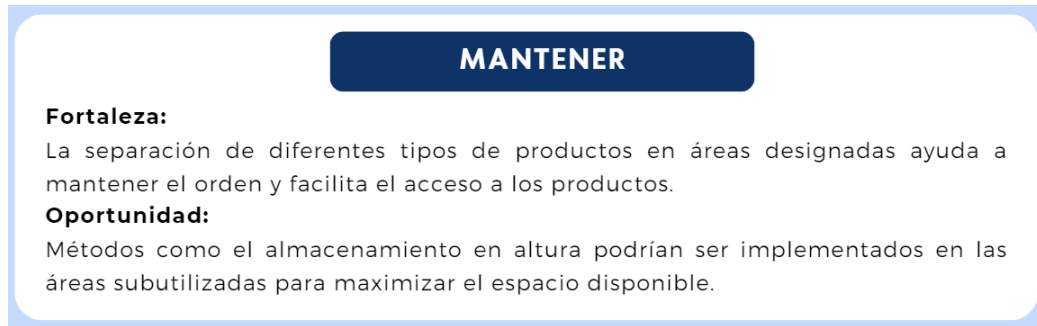


Fuente: elaboración propia.

La falta de flexibilidad en los *layouts* actuales expone a los centros de distribución a perder competitividad frente a otras empresas más ágiles. Para corregir esta debilidad, se identificó que se rediseñarían los *layouts* a un diseño más flexible que permita la expansión y reorganización rápida ante cambios en la demanda. Implementar nuevas tecnologías de gestión de inventarios puede aumentar la capacidad de respuesta y prevenir que la competencia tome la delantera.

Por otro lado, al observar los puntos fuertes de los centros de distribución, es crucial no solo mantener aquellas prácticas que ya generan resultados positivos, sino también explorar las oportunidades que ofrecen para maximizar su impacto. El cruce entre las fortalezas y las oportunidades permitió identificar áreas estratégicas donde la empresa puede potenciar su eficiencia operativa y optimizar el uso del espacio.

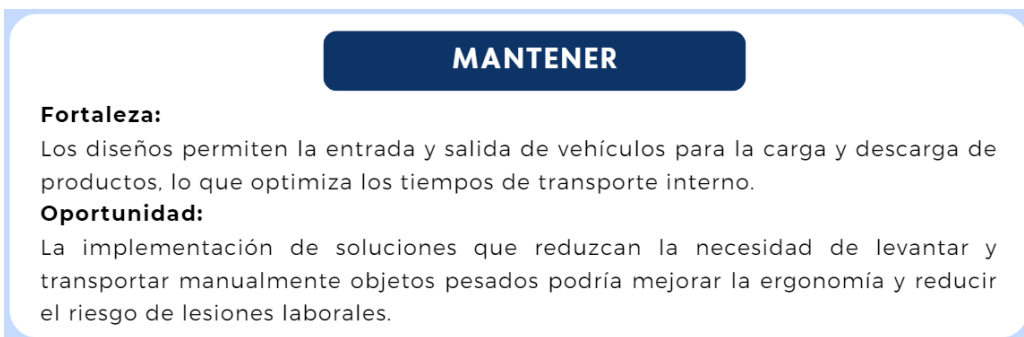
**Figura 28.** *Caso específico de sostenimiento de fortalezas y exploración de oportunidades*



Fuente: elaboración propia.

Se analizó que la clara organización de los productos puede proporcionar una guía para implementar métodos de almacenamiento en altura. Esto no solo podría permitir un uso más eficiente del espacio, sino que también facilitaría el acceso a los productos, mejorando la productividad en el centro de distribución.

**Figura 29.** *Caso específico de sostenimiento de fortalezas y exploración de oportunidades*



Fuente: elaboración propia.

La optimización de los tiempos de transporte interno puede complementarse con la implementación de soluciones tecnológicas que reduzcan el manejo manual de cargas. Esto no solo mejoraría la ergonomía y la seguridad laboral, sino que también puede aumentar la eficiencia operativa y reducir costos a largo plazo, beneficiándose así con la competitividad en el sector de distribución.

Por último, aunque los centros de distribución cuentan con oportunidades que les permitirían operar con más eficiencia, existen amenazas externas que

podrían poner en peligro estos beneficios. Sin embargo, al explotar las oportunidades existentes, se analizó que la empresa puede no solo mitigar las amenazas, sino también utilizarlas como una ventaja competitiva.

**Figura 30.** *Caso específico de exploración de oportunidades y estrategias contra amenazas*

El diagrama muestra un recuadro con un fondo azul claro y una barra superior azul oscuro con el texto "EXPLORAR" en blanco. Debajo de la barra, se detallan una oportunidad y una amenaza.

**EXPLORAR**

**Oportunidad:**  
Métodos como el almacenamiento en altura podrían ser implementados en las áreas subutilizadas para maximizar el espacio disponible.

**Amenaza:**  
La falta de inversión en tecnología puede limitar la capacidad de los centros para adaptarse a las nuevas demandas del mercado.

Fuente: elaboración propia.

Explorar la implementación de métodos de almacenamiento en altura es crucial, especialmente en un contexto donde la falta de inversión en tecnología puede ser una amenaza. Por lo que, se ha determinado que adoptar nuevas tecnologías para optimizar el espacio y mejorar la eficiencia operativa permitiendo a los centros de distribución no solo sobrevivir, sino prosperar frente a los desafíos del mercado.

**Figura 31.** *Caso específico de exploración de oportunidades y estrategias contra amenazas*

El diagrama muestra un recuadro con un fondo azul claro y una barra superior azul oscuro con el texto "EXPLORAR" en blanco. Debajo de la barra, se detallan una oportunidad y una amenaza.

**EXPLORAR**

**Oportunidad:**  
La implementación de soluciones que reduzcan la necesidad de levantar y transportar manualmente objetos pesados podría mejorar la ergonomía y reducir el riesgo de lesiones laborales.

**Amenaza:**  
La creciente competencia en el sector de distribución podría llevar a una presión mayor para reducir costos.

Fuente: elaboración propia.

Se determinó que explorar soluciones que mejoren la ergonomía no solo contribuye a la seguridad laboral, sino que también representa una respuesta estratégica a la presión de costos impuesta por la competencia. La implementación de tecnología que reduzca el manejo manual puede aumentar la eficiencia y, a su vez, reducir los costos operativos a largo plazo, asegurando una ventaja competitiva.

Por consiguiente, el análisis realizado a través del enfoque CAME permitió identificar acciones concretas para optimizar los centros de distribución, alineando las fortalezas con las oportunidades y abordando las debilidades con soluciones efectivas. La implementación de estas estrategias no solo busca mejorar la eficiencia operativa, sino también garantizar una ventaja competitiva en un entorno de mercado cada vez más exigente. Así, la empresa se posiciona para enfrentar desafíos futuros y maximizar su rendimiento en el manejo de productos.

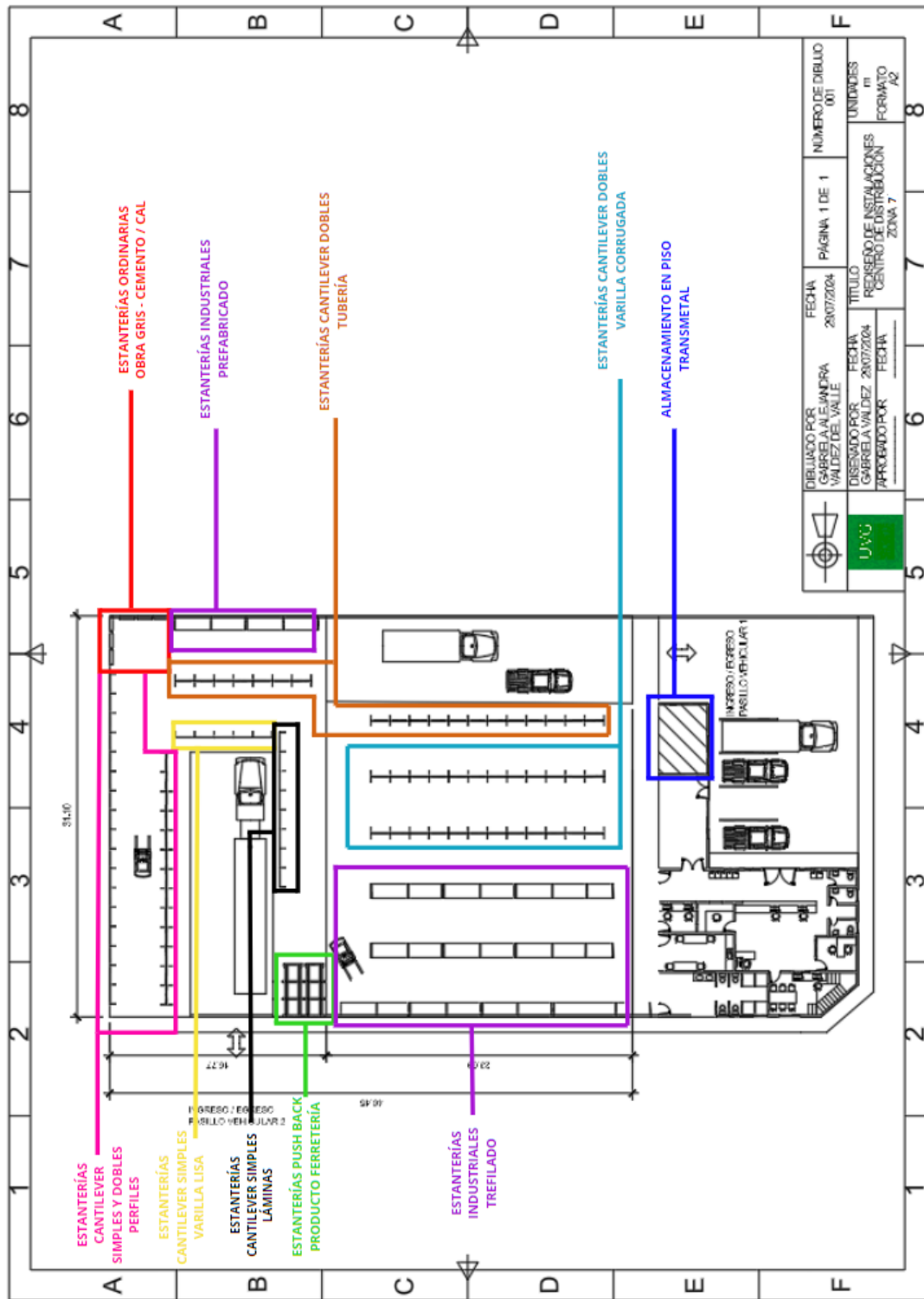
## **B. Propuestas de mejora**

En busca de una optimización integral, se desarrollaron nuevos *layouts* para los centros de distribución, transformando la configuración actual en una solución más eficiente y adaptable. Estos diseños, resultado de un análisis completo de las operaciones, estuvieron orientados a mejorar la disposición del espacio, acelerar el flujo de mercancías y facilitar el manejo eficiente de inventarios.

Los nuevos planos no solo reflejan las modificaciones realizadas, sino que también proporcionan una visualización detallada de los ajustes propuestos en el sistema de almacenamiento. Cada plano muestra claramente la ubicación específica de los distintos tipos de estanterías y sistemas de almacenamiento, permitiendo una mejor comprensión de cómo se ha reorganizado el espacio. Estos ajustes están diseñados para optimizar el uso del área disponible y mejorar la gestión de inventarios, asegurando una adaptación más ágil a las demandas futuras y un incremento en la eficiencia operativa general.

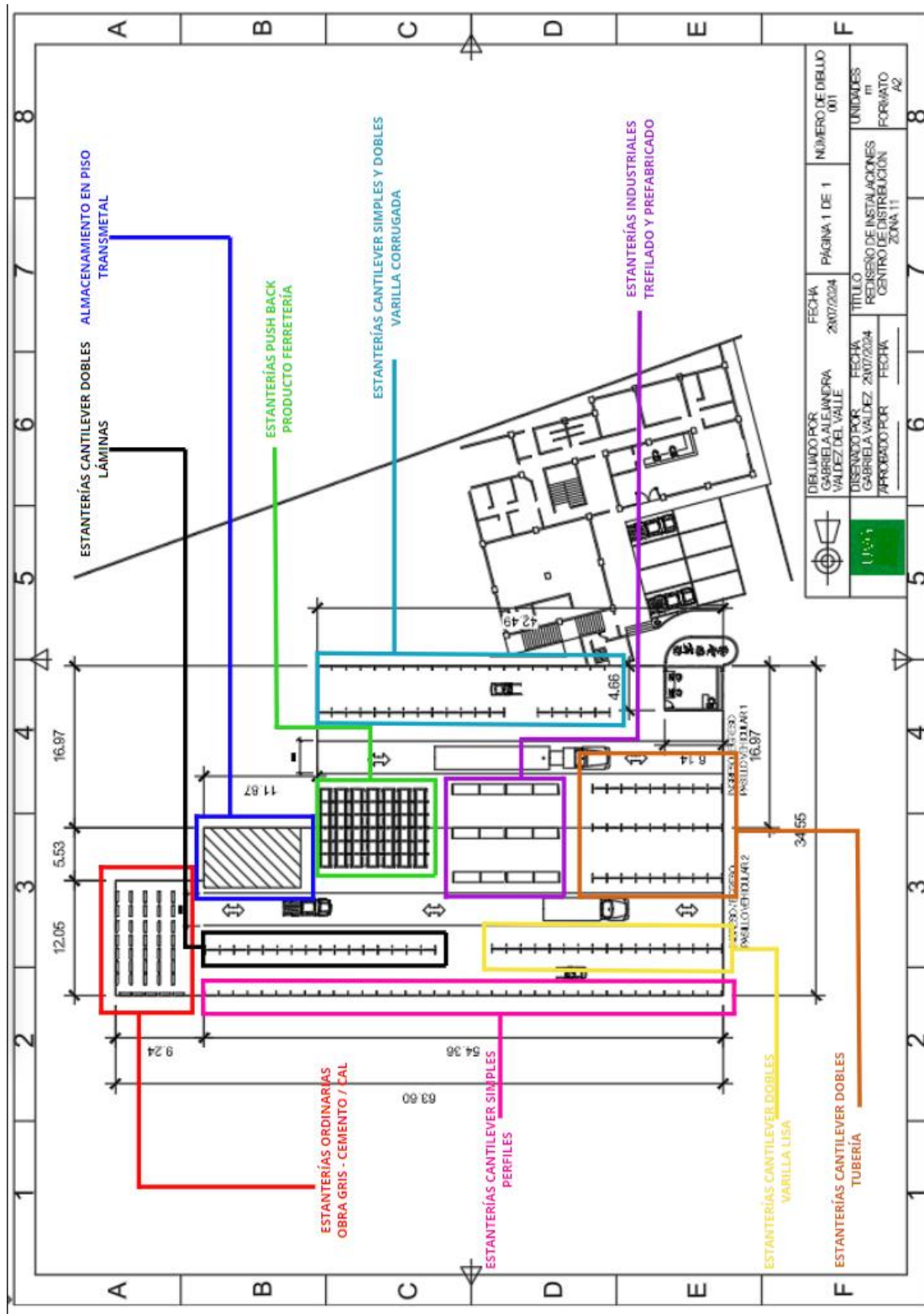
### **1. Diseños de *layouts* con ajustes y mejoras implementadas**

**Figura 32.** Rediseño del layout del centro de distribución zona 7 con modificaciones aplicadas



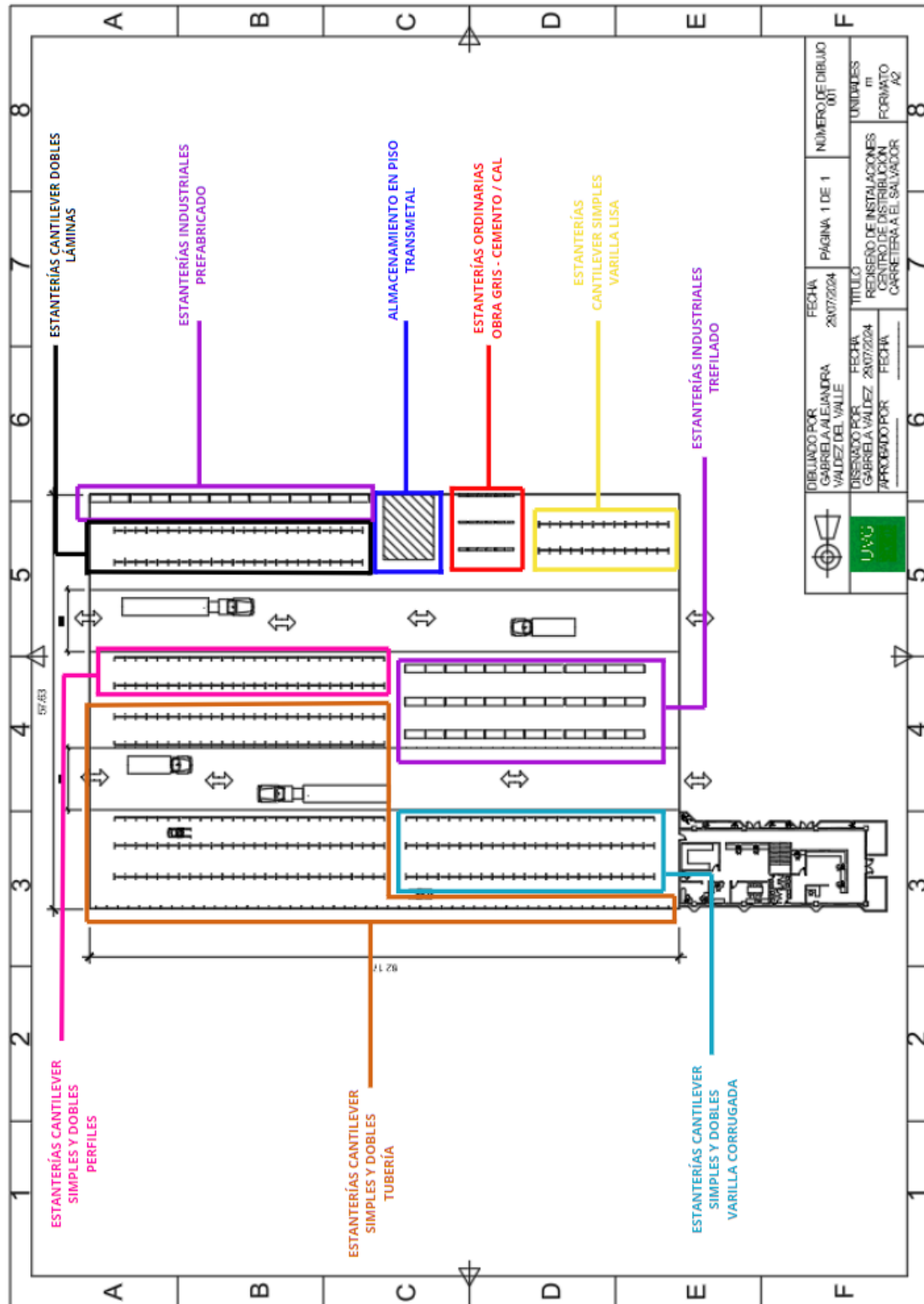
Fuente: elaboración propia

**Figura 33.** Rediseño del layout del centro de distribución zona 11 con modificaciones aplicadas



Fuente: elaboración propia.

**Figura 34.** Rediseño del layout del centro de distribución en carretera a El Salvador con modificaciones aplicadas



Fuente: elaboración propia.

## C. Justificaciones de las modificaciones propuestas

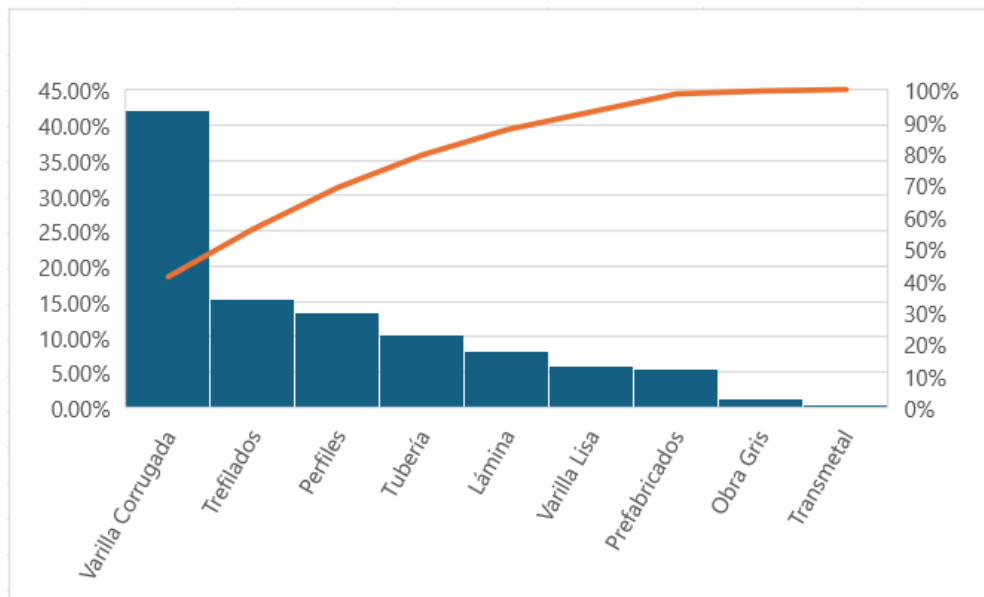
El objetivo principal de las modificaciones propuestas en los *layouts* de los centros de distribución fue optimizar el espacio disponible, mejorar la eficiencia de almacenamiento y facilitar la operación mediante el uso adecuado de diferentes tipos de estanterías y almacenamiento en piso. Estas modificaciones se realizaron teniendo en cuenta la rotación de inventarios, la naturaleza de los productos y la infraestructura disponible.

### 1. Criterios para la optimización de los *layouts*

Las modificaciones realizadas en los *layouts* de los tres centros de distribución se basaron en varios principios clave que se aplicaron uniformemente:

- Rotación de inventarios: se colocaron los productos con mayor rotación en posiciones más accesibles al área de carga y descarga para minimizar los tiempos de manipulación. Los productos con menor rotación se almacenaron en áreas más distantes o menos accesibles, optimizando así el uso del espacio disponible.

**Gráfica 4.** *Gráfico de Pareto de ventas por macrofamilia*



Fuente: elaboración propia.

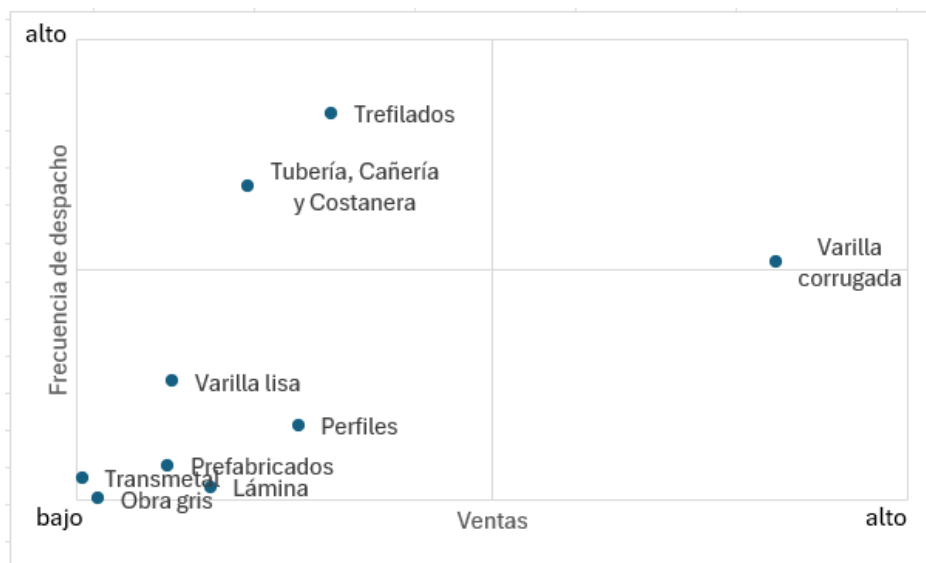
Se realizó un análisis de Pareto con el porcentaje de ventas por macrofamilia de productos, cuyo objetivo fue identificar aquellos que tienen un mayor impacto en las ventas totales. Sin embargo, los datos específicos no pueden ser divulgados debido a restricciones de permisos de la empresa.

Como se puede observar en la gráfica, un pequeño grupo de productos domina significativamente las ventas de los centros de distribución. La varilla corrugada es la que tiene mayor peso, representando aproximadamente el 40 % del total de ventas. Este comportamiento sugiere que se trata de un producto crítico para el negocio y, por tanto, su gestión debe ser prioritaria, tanto en términos de almacenamiento como de abastecimiento.

Trefilados y perfiles siguen en importancia, alcanzando alrededor del 20 % y el 15 % de las ventas, respectivamente. Estas tres macrofamilias juntas representan más del 70 % de las ventas totales, lo que valida el principio de Pareto, donde un pequeño número de categorías (aproximadamente el 20 %) contribuye a la mayoría de los ingresos.

En la parte inferior de la curva, se encuentran productos como transmetal y productos de obra gris, que presentan una participación marginal en las ventas, por debajo del 5 %.

**Gráfica 5.** Matriz de comparación de ventas y frecuencia de despacho



Fuente: elaboración propia.

Además, se construyó una matriz de frecuencia de despacho versus ventas para evaluar el comportamiento de los productos desde una perspectiva operativa y logística. Esta matriz clasifica los productos según su volumen de ventas en el eje horizontal y su frecuencia de despacho en el eje vertical, lo que permite identificar patrones en la rotación y demanda de los productos.

De manera similar al análisis de Pareto, la varilla corrugada se posiciona como el producto más destacado tanto en términos de ventas como de frecuencia de despacho, ubicándose en el cuadrante superior derecho. Esto indica que no solo lidera en volumen de ventas, sino que además se despacha con alta regularidad, lo que la convierte en un producto de alta rotación y relevancia operativa.

Por otro lado, los productos como trefilados y tubería, muestran una alta frecuencia de despacho, aunque sus ventas no son tan elevadas como las de la varilla corrugada. Esto sugiere que, aunque no se venden en grandes cantidades, estos productos se están moviendo constantemente, lo que indica una rotación activa.

En el caso de productos como varilla lisa y perfiles, se observa un comportamiento moderado tanto en términos de ventas como de frecuencia de despacho. Estos productos, aunque tienen una menor rotación que los anteriores, presentan una demanda regular, lo que implica que su stock debe mantenerse en niveles suficientes para satisfacer esta demanda constante, pero sin ocupar tanto espacio en el almacén como los productos de mayor rotación.

Finalmente, los productos con baja frecuencia de despacho y ventas bajas, como transmetal, obra gris, lámina y prefabricados, se encuentran en el cuadrante inferior izquierdo de la matriz. Esto indica que estos productos son de baja rotación y tienen una menor relevancia tanto en términos de ventas como de logística operativa.

Por lo que, tras el análisis de ventas y frecuencia de despacho, se determinó que productos como varilla corrugada, trefilados y tubería debían contar con un amplio espacio de almacenamiento en zonas accesibles del almacén debido a su alta demanda y constante rotación. Estos productos no solo requieren disponibilidad continua, sino también una ubicación estratégica cercana para optimizar el tiempo de despacho. Mientras que, los artículos con menor rotación, como prefabricados y transmetal, se ubicaron en áreas más distantes,

reservando así los espacios más accesibles para aquellos productos con mayor relevancia operativa.

- Utilización de estanterías: se emplearon diferentes tipos de estanterías para maximizar el uso del espacio vertical y mejorar la eficiencia de almacenamiento.
  - Estanterías *cantilever*: se utilizaron para almacenar productos largos y pesados como varillas, láminas y perfiles. Estas estanterías permitieron un acceso rápido y eficiente mediante el uso de puentes grúa y/o montacargas, mejorando la carga y descarga.
  - Estanterías ordinarias: se adaptaron para productos de obra gris como cemento y cal, que tenían una menor rotación y podían ser manejados manualmente. Este tipo de estanterías optimizó el espacio al permitir un almacenamiento más compacto y accesible.
  - Estanterías *push-back*: se emplearon para productos de ferretería de alta rotación, facilitando un acceso rápido y fácil. Este sistema permitió una rápida reposición y extracción de productos, reduciendo los tiempos de manipulación.
- Almacenamiento en piso: se usó el almacenamiento en piso para productos pesados y voluminosos como el transmetal. Este método permitió una rápida movilización del equipo y material sin necesidad de estanterías adicionales, optimizando el uso del espacio disponible.
- Estanterías industriales: para productos como trefilados y prefabricados, se implementó almacenamiento vertical para maximizar el uso del espacio vertical disponible. Este método redujo el espacio en el piso y facilitó el acceso mediante equipos de elevación, como montacargas, mejorando la eficiencia operativa.

## **2. Diagrama de operaciones de proceso del método propuesto**

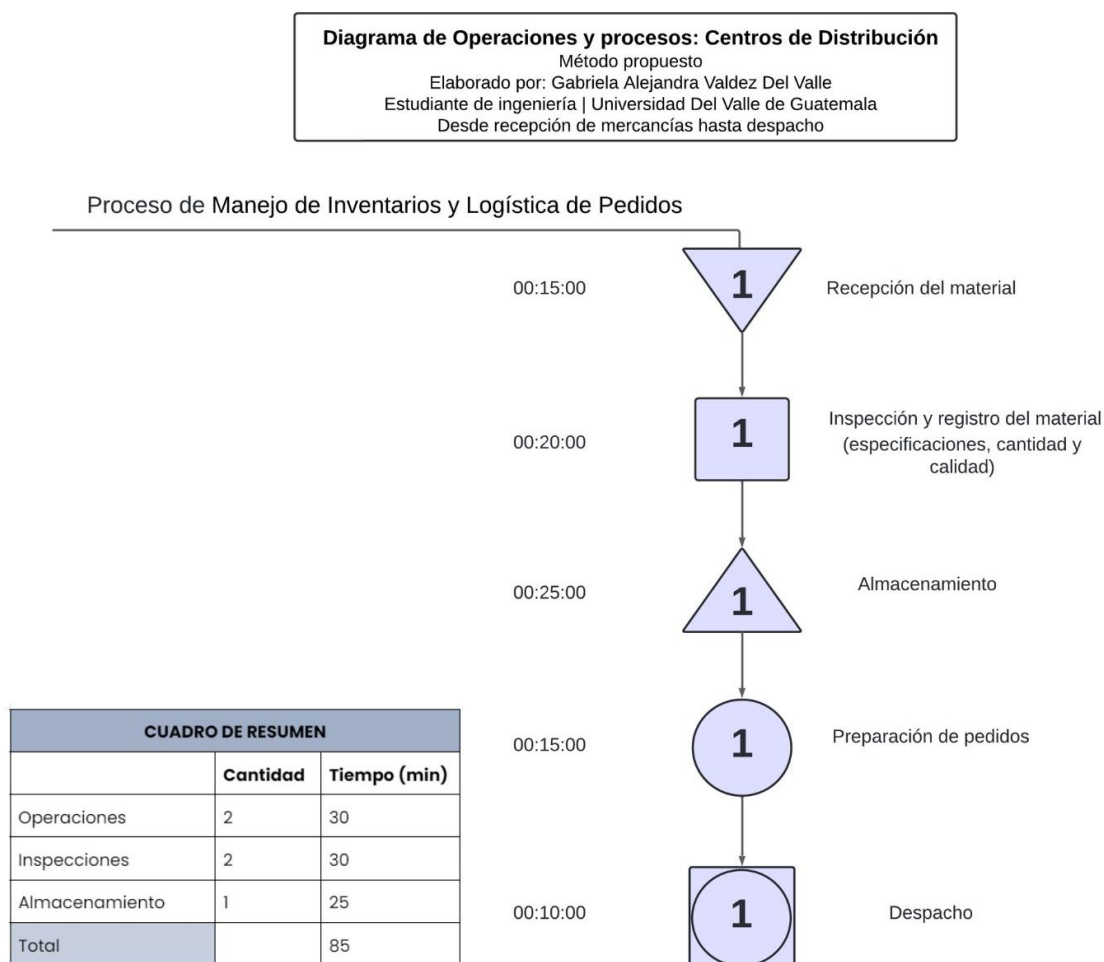
Para una mejor comprensión de las modificaciones propuestas, se realizó un diagrama de flujo que mostró el proceso de manejo de materiales, desde la recepción hasta el despacho, previo a la distribución. Este diagrama ayudó a visualizar el flujo de operaciones, asegurando que las modificaciones no solo

optimizaran el espacio, sino que también mejoraran la eficiencia operativa en cada centro de distribución.

Las modificaciones implementadas en el proceso operativo lograron una reducción significativa en el tiempo total, que se redujo de 124 minutos a 85 minutos. Esta mejora fue particularmente evidente en la etapa de almacenamiento, donde el tiempo disminuyó de 40 minutos a solo 25 minutos, gracias a la optimización de las estanterías y la integración de métodos más eficientes. Además, las mejoras en las fases de inspección, registro, preparación de pedidos y despacho contribuyeron a la disminución general del tiempo de operación. Esta optimización no solo aceleró el flujo de trabajo, sino que también aumentó la eficiencia general, permitiendo una gestión de inventarios más ágil y una respuesta más rápida en la preparación y despacho de pedidos.

Es importante destacar que las reducciones de tiempo presentadas en esta sección son estimaciones basadas en un análisis detallado de los procesos actuales y las nuevas modificaciones propuestas, utilizando herramientas y metodologías de ingeniería industrial, como observaciones directas, entrevistas con el personal y análisis de datos históricos.

**Figura 35. Flujo de procesos operativos revisado post-optimización**



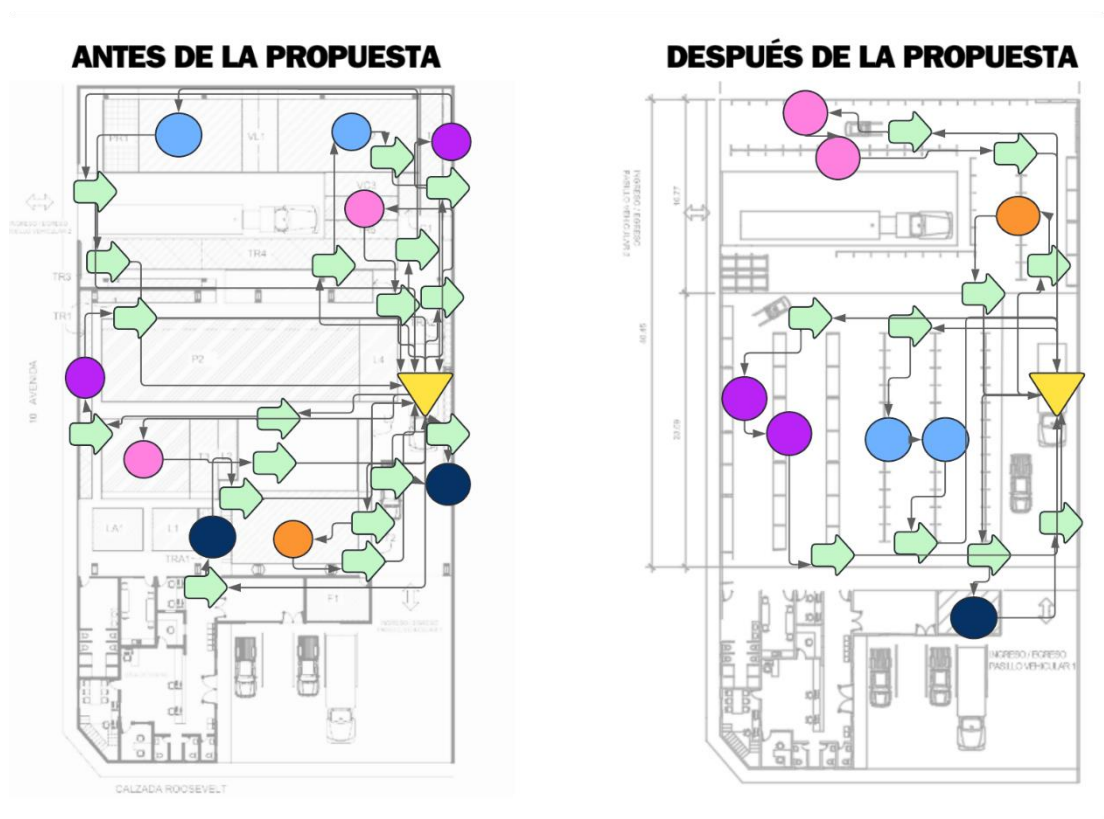
Fuente: elaboración propia.

### 3. Análisis comparativo de diagramas de recorrido en la recepción de pedidos

Para una mejor visualización de las mejoras implementadas, se realizó un análisis comparativo de los diagramas de recorrido en la recepción de pedidos, donde se evidencian las diferencias entre el proceso anterior y el nuevo diseño optimizado. El diagrama inicial ilustra una operación marcada por un alto nivel de movimiento y desplazamientos innecesarios, ya que las ubicaciones de las mercancías, a pesar de ser del mismo tipo, se encontraban alejadas entre sí. Esta dispersión provocaba que tanto los operarios como los equipos dedicaran un tiempo considerable al traslado de productos, lo que incrementaba la ineficiencia en el proceso.

En contraste, el diagrama posterior a la propuesta ejemplificó claramente la operación optimizada. En este nuevo diseño, se observó una notable reducción en el movimiento, evidenciada por la disminución en el número de flechas, lo que indica recorridos más directos y eficientes para la manipulación de mercancías. La reubicación estratégica de productos similares en áreas más cercanas no solo redujo el tiempo de manejo, sino que también mejoró la ergonomía del trabajo, facilitando un flujo de operaciones más ágil y efectivo en la recepción de pedidos.

**Figura 36.** *Análisis comparativo de diagramas de recorrido antes y después de la propuesta*



## **IX. EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA**

### **A. Justificaciones de las modificaciones propuestas**

El cronograma de reestructuración detallado a continuación proporcionó una visión completa de la ejecución de las actividades necesarias, desde la reubicación temporal del inventario hasta el monitoreo de las operaciones posteriores a los cambios implementados.

Este cronograma no solo organizó las etapas críticas del proceso, sino que también estableció los tiempos estimados para cada fase, facilitando una planificación efectiva de los costos asociados y una evaluación precisa del impacto financiero.

Al desglosar cada actividad en intervalos específicos, el cronograma permitió una mejor estimación de los costos operativos y de inversión necesarios para llevar a cabo las mejoras. Esto resultó fundamental para el cálculo del valor neto actual (VNA), ya que proporcionó una base para identificar y proyectar todos los flujos de efectivo relevantes a lo largo del tiempo. Asimismo, el cronograma ayudó a calcular el retorno de la inversión (ROI) al permitir una evaluación detallada del tiempo requerido para recuperar la inversión inicial y los beneficios generados por las mejoras.

**Figura 37. Planificación de actividades para la reestructuración y monitoreo post-implementación**

Actividad	Descripción	Duración	Inicio	Fin
Cotización de materiales y equipo	Solicitar cotizaciones de materiales y equipos necesarios para la implementación de las mejoras en los centros de distribución.	2 días	Día 1	Día 2
Evaluación de proveedores y selección	Analizar las cotizaciones recibidas, evaluar a los proveedores y seleccionar las opciones más adecuadas en términos de costo y calidad.	2 días	Día 3	Día 4
Compra de materiales y equipo	Realizar las órdenes de compra y coordinar la adquisición de los materiales y equipos seleccionados.	1 día	Día 5	Día 5
Coordinación de entrega y recepción de materiales	Asegurar la logística de entrega y recibir los materiales y equipos en el lugar de trabajo para garantizar su disponibilidad al inicio de la implementación.	1 día	Día 6	Día 6
Comunicación del plan de mejora al personal	Informar al personal sobre el plan de mejora, los objetivos de la implementación y el impacto en sus actividades, preparándolos para los cambios.	1 día	Día 7	Día 7
Reubicación temporal del inventario	Trasladar temporalmente los productos a una zona segura para permitir las modificaciones.	3 días	Día 8	Día 10
Desmontaje de estanterías y equipos actuales	Desmontaje de estanterías actuales, racks, y otros equipos que serán reemplazados.	4 días	Día 11	Día 14
Limpieza y acondicionamiento de áreas de trabajo	Asegurar que las áreas estén despejadas y listas para recibir las nuevas estructuras.	1 día	Día 15	Día 15
Instalación de Estanterías Cantilever	Montaje de estanterías Cantilever según las especificaciones del nuevo layout.	4 días	Día 16	Día 19
Instalación de Estanterías Push-Back	Ensamblaje y configuración de estanterías Push-Back.	3 días	Día 20	Día 22
Instalación del Almacenamiento Vertical y estanterías ordinarias	Configuración e instalación del sistema de almacenamiento vertical y estanterías ordinarias.	2 días	Día 23	Día 24
Traslado de Inventario a Nuevas Estanterías	Movilización de mercancía hacia las nuevas estanterías y sistemas de almacenamiento.	5 días	Día 25	Día 29
Clasificación y Etiquetado de Productos	Organizar y etiquetar productos conforme a las nuevas ubicaciones planificadas.	2 días	Día 30	Día 31
Capacitación del Personal en Nuevos Procedimientos	Instrucción al personal sobre los nuevos métodos de almacenamiento y flujo de trabajo.	8 días	Día 32	Día 39
Pruebas de Operación y Ajustes	Realización de simulacros y ajustes según el rendimiento observado.	8 días	Día 40	Día 47
Monitoreo Inicial de Operaciones	Supervisión de las primeras operaciones bajo el nuevo sistema para identificar posibles áreas de mejora.	5 días	Día 48	Día 52

Fuente: elaboración propia.

## B. Proyección financiera y cálculo del valor neto actual (VNA)

El proceso de reestructuración de los centros de distribución no solo implicó mejoras físicas y operativas, sino que también tiene beneficios económicos - tangibles para la empresa. A lo largo del análisis, las proyecciones financieras fueron fundamentales para evaluar el impacto económico de las modificaciones propuestas en los centros de distribución.

El cálculo del valor neto actual (VNA) permitió determinar si la inversión realizada en estas mejoras puede ser recuperada en un período razonable, garantizando que las decisiones tomadas optimicen no solo el rendimiento operativo, sino también la rentabilidad a largo plazo.

Para la evaluación financiera de cada centro de distribución, se realizaron cotizaciones detalladas de los equipos y materiales necesarios para la implementación del proyecto. Algunas cotizaciones se obtuvieron en dólares y euros, y se convirtieron a quetzales según el tipo de cambio vigente, incluyendo además un costo de importación estimado del 15 % sobre el valor total de los equipos.

**Figura 38.** *Estimación de costos e inversión inicial para la modificación del centro de distribución en zona 7*

Centro de distribución Zona 7				
TIPO DE CAMBIO			8.57	7.72742
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total	Total en Quetzales
Estanterías Cantilever Simples	17	786.22 €	13,365.74 €	Q114,544.39
Estanterías Cantilever Dobles	30	1,021.52 €	30,645.60 €	Q262,632.79
Estanterías Push back (Módulos)	3	\$7,500.00	\$22,500.00	Q521,600.85
Estanterías industriales	25	395.82 €	9,895.50 €	Q84,804.44
Estanterías ordinarias	6	Q369.00	Q2,214.00	Q13,284.00
Montacargas	1	Q360,000.00	Q360,000.00	Q360,000.00
Costos de mano de obra para la implementación		0.00		Q77,368.15
Costos de importación	15% sobre el valor total		11,461.03 €	Q98,220.99
TOTAL				Q1,532,455.62

En base a la cotización realizada para el centro de distribución de zona 7, se estimó una inversión inicial total de Q1,532,455.62. Esta cifra incluye la adquisición de los equipos y estanterías, en la cantidad y calidad necesarias, para garantizar el adecuado almacenamiento y manejo de la mercancía dentro del centro. Asimismo, se contempla la adquisición de un montacargas para optimizar el proceso de traslado de mercancía, minimizando el tiempo de maniobras y mejorando la eficiencia operativa. Además, se incluyen los costos de la mano de obra para la implementación, dado que los sistemas

son complejos de ensamblar y requieren una instalación adecuada para su correcto funcionamiento.

Este presupuesto representó la inversión económica más pequeña de los tres centros de distribución evaluados, debido a que se trata de una bodega de menor tamaño. En este caso, la cantidad de equipos requeridos es significativamente inferior, lo que reduce los costos generales asociados a la implementación de la infraestructura.

**Figura 39.** *Estimación de costos e inversión inicial para la modificación del centro de distribución en zona 11*

Centro de distribución Zona 11				
TIPO DE CAMBIO			8.57	7.72742
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total	Total en Quetzalez
Estanterías Cantilever Simples	28	786.22 €	22,014.16 €	Q188,661.35
Estanterías Cantilever Dobles	42	1,021.52 €	42,903.84 €	Q367,685.91
Estanterías Push back (Módulos)	2	\$7,500.00	\$15,000.00	Q231,822.60
Estanterías industriales	12	395.82 €	4,749.84 €	Q40,706.13
Estanterías ordinarias	25	Q369.00	Q9,225.00	Q230,625.00
Montacargas	1	Q360,000.00	Q360,000.00	Q360,000.00
Costos de mano de obra para la implementación				Q77,368.15
Costos de importación	15% sobre el valor total		12,700.18 €	Q108,840.51
<b>TOTAL</b>				<b>Q1,605,709.65</b>

En base a la cotización realizada para el centro de distribución de zona 11, se estimó una inversión inicial total de Q1,605,709.65. Esta cifra incluye la adquisición de los equipos y estanterías, necesarios en cantidad y calidad para garantizar el adecuado almacenamiento y manejo de la mercancía dentro del centro. De igual manera, se contempló la adquisición de un montacargas para optimizar el proceso de traslado de productos, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo los tiempos de maniobra. Además, se consideraron los costos de la mano de obra requerida para la instalación de los sistemas, debido a la complejidad del ensamblaje de los equipos.

Este presupuesto representa una inversión intermedia en comparación con los otros centros de distribución evaluados. Si bien es mayor que la de zona 7 debido al tamaño más amplio de la bodega, es menor que la inversión destinada al centro de carretera a El Salvador, ya que su capacidad es menor. Por lo tanto, la cantidad de equipos es superior a la de zona 7, pero inferior a la requerida para carretera a El Salvador, reflejando los costos moderados en la implementación de la infraestructura.

**Figura 40.** *Estimación de costos e inversión inicial para la modificación del centro de distribución en carretera a El Salvador*

Centro de distribución CAES				
TIPO DE CAMBIO			8.57	7.72742
Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total	Total en Quetzales
Estanterías Cantilever Simples	67	786.22 €	52,676.74 €	Q451,439.66
Estanterías Cantilever Dobles	112	1,021.52 €	114,410.24 €	Q980,495.76
Estanterías Push back (Módulos)	0	\$7,500.00	\$0.00	Q0.00
Estanterías industriales	49	395.82 €	19,395.18 €	Q166,216.69
Estanterías ordinarias	18	Q369.00	Q6,642.00	Q119,556.00
Montacargas	1	Q360,000.00	Q360,000.00	Q360,000.00
Costos de mano de obra para la implementación				Q77,368.15
Costos de importación	15% sobre el valor total		27,972.32 €	Q239,722.82
<b>TOTAL</b>				<b>Q2,394,799.08</b>

En base a la cotización realizada para el centro de distribución de carretera a El Salvador, se estimó una inversión inicial total de Q2,394,799.08. Esta cifra incluye la adquisición de equipos y estanterías en la cantidad y calidad necesarias para asegurar un almacenamiento eficiente y un manejo adecuado de la mercancía dentro del centro. Asimismo, se consideró la adquisición de un montacargas, cuya finalidad es optimizar el traslado de productos, reduciendo el tiempo de las maniobras y mejorando la eficiencia operativa. Los costos de mano de obra también fueron incluidos, dado que el proceso de instalación de estos sistemas es complejo y requiere una implementación adecuada para su correcto funcionamiento.

Este presupuesto representa la inversión más alta entre los tres centros de distribución evaluados. Esto se debe a que el centro de distribución de carretera a El Salvador tiene la mayor capacidad de almacenamiento, lo que requiere una mayor cantidad de equipos, estanterías y una infraestructura de gran capacidad. Esta diferencia en el tamaño y la capacidad del centro explica los costos superiores en comparación con los centros de zona 7 y zona 11.

## 1. Análisis del VNA para cada centro de distribución

**Figura 41. Proyección financiera a 5 años del centro de distribución zona 7**

FLUJO DE EFECTIVO CENTRO DE DISTRIBUCION ZONA 7 Cifras expresadas en Quetzales	Año					
	0	1	2	3	4	5
Camiones despachados		3952	3952	3952	3952	3952
Pedidos preparados		27664	27664	27664	27664	27664
Camiones descargados		1352	1352	1352	1352	1352
Posiciones en estanterías disponibles		2100	2100	2100	2100	2100
Minutos ahorrados en cargas de camiones		Q39,520.00	Q39,520.00	Q39,520.00	Q39,520.00	Q39,520.00
Minutos ahorrados en preparación de los pedidos		Q248,976.00	Q248,976.00	Q248,976.00	Q248,976.00	Q248,976.00
Minutos ahorrados en descargas de camiones		Q6,760.00	Q6,760.00	Q6,760.00	Q6,760.00	Q6,760.00
Minutos ahorrados en posicionamiento de inventario		Q31,500.00	Q31,500.00	Q31,500.00	Q31,500.00	Q31,500.00
Costo por minuto ahorrado		Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59
Posiciones de almacenaje incrementadas		Q550.00	Q550.00	Q550.00	Q550.00	Q550.00
Costo por m2		Q52.11	Q52.11	Q52.11	Q52.11	Q52.11
<b>Ingresos</b>						
Reducción de horas necesarias por despacho		Q23,382.67	Q23,382.67	Q23,382.67	Q23,382.67	Q23,382.67
Incremento en capacidad		Q412,711.20	Q412,711.20	Q412,711.20	Q412,711.20	Q412,711.20
Tiempo ahorrado en descarga		Q3,999.67	Q3,999.67	Q3,999.67	Q3,999.67	Q3,999.67
Reducción de horas necesarias por preparación		Q147,310.80	Q147,310.80	Q147,310.80	Q147,310.80	Q147,310.80
<b>Total Ingresos</b>		<b>Q587,404.33</b>	<b>Q587,404.33</b>	<b>Q587,404.33</b>	<b>Q587,404.33</b>	<b>Q587,404.33</b>
<b>Egresos</b>						
Inversión inicial	Q1,532,455.62					
Mantenimiento de montacargas		Q10,000.00	Q10,000.00	Q10,000.00	Q10,000.00	Q10,000.00
Control de calidad		Q12,000.00	Q12,000.00	Q12,000.00	Q12,000.00	Q12,000.00
Depreciación		Q299,291.12	Q299,291.12	Q299,291.12	Q299,291.12	Q299,291.12
Combustible		Q3,600.00	Q3,600.00	Q3,600.00	Q3,600.00	Q3,600.00
Capacitaciones 2 veces al año		Q3,735.69	Q3,735.69	Q3,735.69	Q3,735.69	Q3,735.69
Ganancia antes de impuestos		Q258,777.52	Q258,777.52	Q258,777.52	Q258,777.52	Q258,777.52
Impuestos 25%		Q64,694.38	Q64,694.38	Q64,694.38	Q64,694.38	Q64,694.38
Utilidad neta		Q194,083.14	Q194,083.14	Q194,083.14	Q194,083.14	Q194,083.14
(+) Depreciaciones		Q299,291.12	Q299,291.12	Q299,291.12	Q299,291.12	Q299,291.12
Valor de Salvamento Montacargas						Q38,000.00
Flujo de efectivo neto	-Q1,532,455.62	Q493,374.26	Q493,374.26	Q493,374.26	Q493,374.26	Q529,374.26
TMAR		18%				
TIR		19%				
VPN		Q26,146.01				
VPN Acumulada	-Q1,532,455.62	-Q1,114,341.83	-Q760,008.12	-Q459,725.31	-Q205,248.36	Q26,146.01
<b>ROI</b>		<b>63.32%</b>				

Fuente: elaboración propia.

En el análisis financiero realizado para el centro de distribución ubicado en la zona 7, se evaluó su viabilidad considerando un período de cinco años, con el objetivo de determinar la rentabilidad y eficiencia de la inversión. Para ello, se calcularon indicadores clave como el valor neto actual (VNA), la tasa interna de retorno (TIR) y el retorno sobre la inversión (ROI).

Los ingresos proyectados alcanzaron un total de Q587,404.33 anuales. La mayor parte de estos ingresos provinieron del incremento en la capacidad del centro, representando un ingreso de Q412,711.20 anuales. Adicionalmente, la reducción de horas necesarias para despacho generó Q23,382.67 por año, y el tiempo ahorrado en la descarga de camiones añadió Q3,989.67 al total. También se observaron ahorros significativos en la preparación de pedidos, con un impacto de Q147,310.80 anuales, mientras que otros

ahorros menores, como el posicionamiento de estanterías y posiciones ganadas, contribuyeron a mejorar la eficiencia operativa.

Es relevante destacar que se consideró el impacto financiero del tiempo ahorrado en las operaciones. Para esto, se evaluó el costo asociado a la reducción de tiempo en las tareas, tomando en cuenta el salario base de los operarios y el supervisor, así como sus prestaciones laborales. En este análisis, se aplicó un factor de 1.42 al salario base de cada empleado para reflejar el costo total que incluye tanto el salario base como las prestaciones, tales como IGGS, Bono 14, vacaciones, indemnización y aguinaldo. Este ajuste permitió estimar de manera más precisa el costo de la eficiencia relacionado con el tiempo que se logra ahorrar en las actividades operativas.

Por otro lado, se determinó el costo por metro cuadrado del espacio de almacenamiento a partir de cotizaciones obtenidas de bodegas con características similares en ubicaciones cercanas al centro de distribución. Es decir, que el beneficio obtenido por aumentar el espacio de almacenamiento sería igual al costo de oportunidad de haber alquilado ese espacio con un proveedor externo. Se tomó el total de la cotización de una bodega y se dividió entre la superficie total en metros cuadrados, resultando en un costo promedio de \$6.75 por metro cuadrado. Este monto fue convertido a quetzales utilizando un tipo de cambio de Q7.72 por dólar, lo que da como resultado un costo total de Q52.11 por metro cuadrado para el centro de distribución.

En cuanto a los egresos, la inversión inicial ascendió a Q1,532,455.62, cubriendo los costos de adquisición de montacargas y otros equipos necesarios para la operación del centro. Otros costos operativos recurrentes incluyeron el mantenimiento de montacargas (Q10,000.00 anuales), control de calidad (Q12,000.00 anuales), combustible (Q3,600.00 anuales), y capacitaciones al personal (Q3,735.69 dos veces al año). La depreciación acumulada de los equipos fue de Q299,211.12, lo cual también afectó el flujo de efectivo del proyecto.

El análisis financiero arrojó una ganancia antes de impuestos de Q258,777.52 anuales, y tras aplicar un 25 % en impuestos, las utilidades netas alcanzaron Q194,083.14 por año. Este flujo de efectivo neto comenzó a ser positivo desde el primer año de operación, con un saldo acumulado que mejoró año con año.

El valor presente neto (VPN) fue de Q26,146.01 al final del periodo evaluado, lo que demostró que el proyecto fue financieramente viable, recuperando la inversión inicial y generando beneficios adicionales. La tasa interna de retorno (TIR) se situó en 19 %, lo que superó la tasa mínima aceptable de retorno (TMAR) de 18 %, reafirmando la rentabilidad del proyecto.

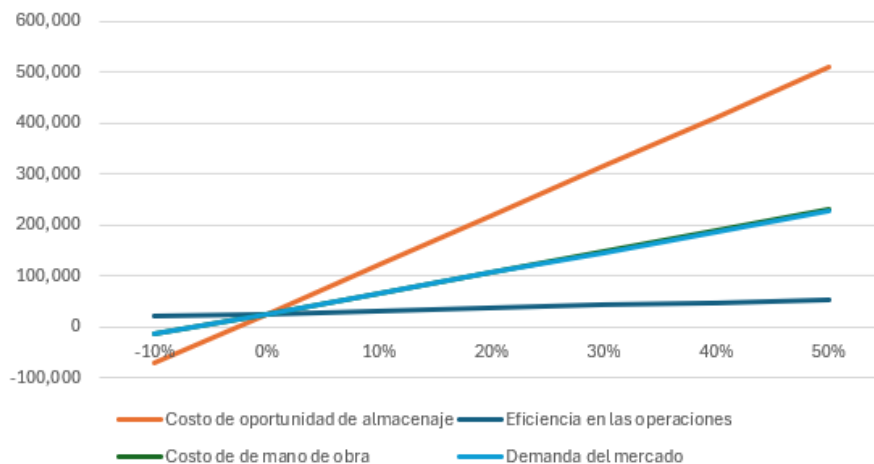
## Análisis de sensibilidad sobre el valor presente neto (VPN)

**Cuadro 6.** Impacto de variaciones en costos, eficiencia y demanda sobre el centro de distribución en la zona 7

Costo de oportunidad de almacenaje	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
	-Q70,650.38	Q26,146.01	Q122,942.40	Q219,738.79	Q316,535.17	Q413,331.56	Q510,127.95
Eficiencia en las operaciones	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
	Q20,661.89	Q26,146.01	Q31,630.13	Q37,114.25	Q42,598.37	Q48,082.49	Q53,566.61
Costo de mano de obra	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
	-Q14,826.14	Q26,146.01	Q67,118.16	Q108,090.31	Q149,062.45	Q190,034.60	Q231,006.75
Demanda del mercado	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
	-Q13,888.07	Q26,146.01	Q66,180.08	Q106,214.16	Q146,248.23	Q186,282.31	Q226,316.38

Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 6.** Representación gráfica del impacto de variaciones en costos, eficiencia y demanda sobre el VNA para el centro de distribución en zona 7



Fuente: elaboración propia.

El análisis de sensibilidad realizado sobre las variaciones en factores clave y su impacto en el valor neto actual (VNA) del centro de distribución en zona 7 permitió evaluar distintos escenarios financieros. Las variables analizadas incluyeron el costo de oportunidad de almacenamiento, la eficiencia en las operaciones, el costo de mano de obra y la demanda del mercado, todas evaluadas dentro de un rango de -10 % a 50 %.

Los resultados mostraron que el costo de oportunidad de almacenamiento tuvo el mayor impacto en el VNA. Una disminución del 10 % redujo significativamente el VNA a Q-70,650.38, mientras que un incremento del 50 % elevó el VNA a Q510,127.95, lo que subrayó la importancia de gestionar eficientemente el almacenamiento para mantener la viabilidad financiera del proyecto.

La eficiencia en las operaciones también influyó de manera considerable. Con una reducción del 10 %, el VNA disminuyó a Q20,661.89, pero al aumentar la eficiencia en un 50 %, el VNA alcanzó los Q53,566.61. Esto reflejó la relevancia de mejorar continuamente los procesos operativos para optimizar los resultados financieros.

En cuanto al costo de mano de obra, su impacto fue moderado. Una reducción del 10 % resultó en un VNA de Q-14,826.14, mientras que un aumento del 50 % llevó el VNA a Q231,006.75, lo que indicó que, aunque los costos laborales son importantes, su variabilidad no tuvo tanto peso como otros factores.

Por último, la demanda del mercado también demostró ser un factor relevante. Una reducción del 10 % en la demanda disminuyó el VNA a Q-13,888.07, mientras que un incremento del 50 % lo elevó a Q226,316.38, lo cual resaltó la necesidad de mantener una demanda sólida para asegurar la sostenibilidad del proyecto.

**Figura 42. Proyección financiera a 5 años del centro de distribución zona 11**

FLUJO DE EFECTIVO CENTRO DE DISTRIBUCION ZONA 11						
Cifras expresadas en Quetzales						
	Año					
	0	1	2	3	4	5
Camiones despachados		4056	4056	4056	4056	4056
Pedidos preparados		28392	28392	28392	28392	28392
Camiones descargados		1352	1352	1352	1352	1352
Posiciones en estanterías disponibles		2400	2400	2400	2400	2400
Minutos ahorrados en cargas de camiones		Q40,560.00	Q40,560.00	Q40,560.00	Q40,560.00	Q40,560.00
Minutos ahorrados en preparación de los pedidos		Q255,528.00	Q255,528.00	Q255,528.00	Q255,528.00	Q255,528.00
Minutos ahorrados en descargas de camiones		Q6,760.00	Q6,760.00	Q6,760.00	Q6,760.00	Q6,760.00
Minutos ahorrados en posicionamiento de inventario		Q36,000.00	Q36,000.00	Q36,000.00	Q36,000.00	Q36,000.00
Costo por minuto ahorrado		Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59
Posiciones de almacenaje incrementadas		Q540.00	Q540.00	Q540.00	Q540.00	Q540.00
Costo por m2		Q60.37	Q60.37	Q60.37	Q60.37	Q60.37
<b>Ingresos</b>						
Reduccion de horas necesarias por despacho		Q23,998.00	Q23,998.00	Q23,998.00	Q23,998.00	Q23,998.00
Incremento en capacidad		Q469,440.23	Q469,440.23	Q469,440.23	Q469,440.23	Q469,440.23
Tiempo ahorrado en descarga		Q3,999.67	Q3,999.67	Q3,999.67	Q3,999.67	Q3,999.67
Reduccion de horas necesarias por preparacion		Q151,187.40	Q151,187.40	Q151,187.40	Q151,187.40	Q151,187.40
<b>Total Ingresos</b>		<b>Q648,625.30</b>	<b>Q648,625.30</b>	<b>Q648,625.30</b>	<b>Q648,625.30</b>	<b>Q648,625.30</b>
<b>Egresos</b>						
Inversión inicial	Q1,605,709.65					
Mantenimiento de montacargas		Q10,000.00	Q10,000.00	Q10,000.00	Q10,000.00	Q10,000.00
Control de calidad		Q12,000.00	Q12,000.00	Q12,000.00	Q12,000.00	Q12,000.00
Depreciacion		Q313,941.93	Q313,941.93	Q313,941.93	Q313,941.93	Q313,941.93
Combustible		Q3,600.00	Q3,600.00	Q3,600.00	Q3,600.00	Q3,600.00
Capacitaciones 2 veces al año		Q3,735.69	Q3,735.69	Q3,735.69	Q3,735.69	Q3,735.69
Ganancia antes de impuestos		Q305,347.67	Q305,347.67	Q305,347.67	Q305,347.67	Q305,347.67
Impuestos 25%		Q76,336.92	Q76,336.92	Q76,336.92	Q76,336.92	Q76,336.92
Utilidad neta		Q229,010.76	Q229,010.76	Q229,010.76	Q229,010.76	Q229,010.76
(+) Depreciaciones		Q313,941.93	Q313,941.93	Q313,941.93	Q313,941.93	Q313,941.93
Valor de Salvamento Montacargas						Q36,000.00
Flujo de efectivo neto	-Q1,605,709.65	Q542,952.69	Q542,952.69	Q542,952.69	Q542,952.69	Q578,952.69
TMAR		18%				
TIR		21%				
VPN		Q107,932.19				
VPN Acumulada	-Q1,605,709.65	-Q1,145,580.26	-Q755,640.09	-Q425,182.32	-Q145,133.37	Q107,932.19
<b>ROI</b>		<b>71.31%</b>				

Fuente: elaboración propia.

En el análisis financiero realizado para el centro de distribución ubicado en la zona 11, se evaluó su viabilidad tomando en cuenta un período de cinco años, con el objetivo de determinar la rentabilidad y eficiencia de la inversión. Para este fin, se calcularon indicadores clave como el valor neto actual (VNA), la tasa interna de retorno (TIR) y el retorno sobre la inversión (ROI).

Este análisis se basó en los ahorros generados por la optimización de diversos procesos operativos. La mayor parte de los ingresos provino del incremento en la capacidad del centro de distribución, que proporcionó un ingreso anual constante de Q469,440.23. Otros ahorros importantes incluyeron la reducción de horas necesarias para el despacho, que generó Q23,998.00 anuales, y la preparación de pedidos, que representó un ahorro

anual de Q151,187.40. Además, el tiempo ahorrado en la descarga de camiones añadió Q3,989.67 al total, y otros factores, como las posiciones ganadas y la reducción del costo

por minuto, contribuyeron al aumento de la eficiencia. En total, los ingresos anuales proyectados ascendieron a Q648,625.30 a lo largo de los cinco años evaluados.

Es relevante destacar que se consideró el impacto financiero del tiempo ahorrado en las operaciones. Para esto, se evaluó el costo asociado a la reducción de tiempo en las tareas, tomando en cuenta el salario base de los operarios y el supervisor, así como sus prestaciones laborales. En este análisis, se aplicó un factor de 1.42 al salario base de cada empleado para reflejar el costo total que incluye tanto el salario base como las prestaciones, tales como IGGS, Bono 14, vacaciones, indemnización y aguinaldo. Este ajuste permitió estimar de manera más precisa el costo de la eficiencia relacionado con el tiempo que se logra ahorrar en las actividades operativas.

Por otro lado, se determinó el costo por metro cuadrado del espacio de almacenamiento a partir de cotizaciones obtenidas de bodegas con características similares en ubicaciones cercanas al centro de distribución. Es decir, que el beneficio obtenido por aumentar el espacio de almacenamiento sería igual al costo de oportunidad de haber alquilado ese espacio con un proveedor externo. Se tomó el total de la cotización de una bodega y se dividió entre la superficie total en metros cuadrados, resultando en un costo promedio de \$7.82 por metro cuadrado. Este monto fue convertido a quetzales utilizando un tipo de cambio de Q7.72 por dólar, lo que da como resultado un costo total de Q60.37 por metro cuadrado para el centro de distribución.

En cuanto a los egresos, el proyecto presentó un costo inicial significativo de Q1,605,709.65, correspondiente a la inversión requerida para la implementación de los sistemas y la adquisición de los equipos. También se incluyeron costos operativos recurrentes, como el mantenimiento de montacargas (Q10,000.00), control de calidad (Q12,000.00), combustible (Q3,600.00) y capacitaciones al personal (Q3,735.66 dos veces al año). La depreciación de los equipos representó un costo anual de Q313,941.93. Tras considerar los impuestos, que equivalían al 25 % de las ganancias, el flujo de caja neto comenzó a ser positivo a partir del primer año de operación.

El flujo de efectivo neto mostró una pérdida inicial de Q1,605,709.65 en el primer año, pero a partir del segundo año, los flujos netos fueron positivos, generando Q542,952.69 cada año. El valor neto actual (VNA) acumulado siguió siendo negativo en los primeros años, pero alcanzó Q107,932.19 al final del período evaluado, lo que indicó que el proyecto fue capaz de generar flujos de caja suficientes para cubrir la inversión inicial y los costos asociados a largo plazo.

Además, la tasa interna de retorno (TIR) obtenida fue del 21 %, lo cual superó la tasa mínima aceptable de retorno (TMAR) del 18 %, indicando que la inversión cumplió con los rendimientos esperados y fue financieramente viable.

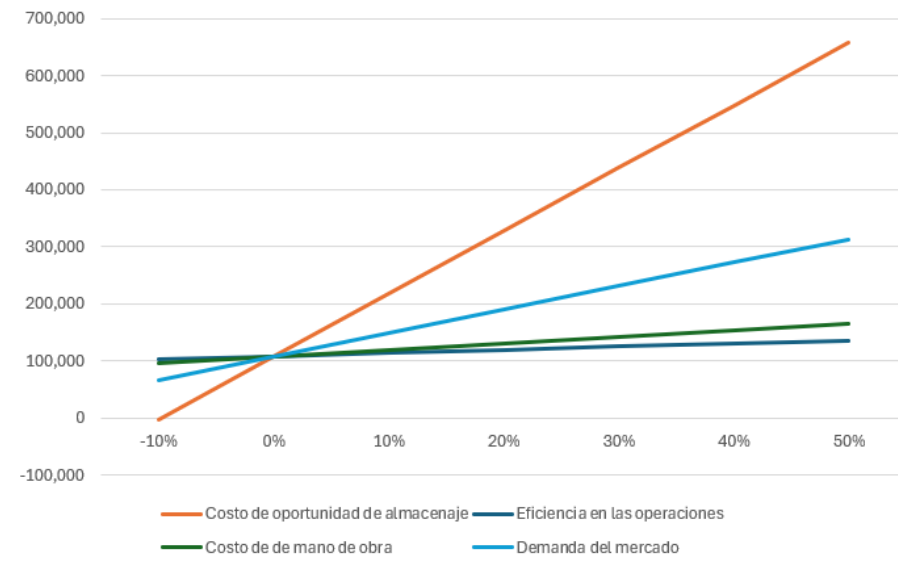
## Análisis de sensibilidad sobre el valor presente neto (VPN)

**Cuadro 7.** Impacto de variaciones en costos, eficiencia y demanda sobre el centro de distribución en la zona 11

Costo de oportunidad de almacenaje	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
	-Q2,169.30	Q107,932.19	Q218,033.68	Q328,135.17	Q438,236.66	Q548,338.15	Q658,439.64
Eficiencia en las operaciones	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
	Q102,303.75	Q107,932.19	Q113,560.63	Q119,189.06	Q124,817.50	Q130,445.94	Q136,074.38
Costo de mano de obra	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
	Q96,543.31	Q107,932.19	Q119,321.07	Q130,709.95	Q142,098.83	Q153,487.71	Q164,876.59
Demanda del mercado	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
	Q66,844.58	Q107,932.19	Q149,019.79	Q190,107.39	Q231,195.00	Q272,282.60	Q313,370.20

Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 7.** Representación gráfica del impacto de variaciones en costos, eficiencia y demanda sobre el VNA para el centro de distribución en zona 11



Fuente: elaboración propia.

El análisis de sensibilidad se enfocó en identificar el impacto de las variaciones en factores clave sobre el valor neto actual (VNA) del proyecto, con el fin de evaluar la viabilidad financiera del centro de distribución en zona 11 bajo diferentes escenarios. Las variables evaluadas incluyeron el costo de oportunidad de almacenamiento, la eficiencia en

las operaciones, el costo de mano de obra y la demanda del mercado, todas analizadas en un rango de -10 % a 50 %.

Se observó que el costo de oportunidad de almacenamiento fue el factor que más influyó sobre el VNA del proyecto. Con una disminución del 10 %, el VNA cayó a Q-2,169.30, mientras que un aumento del 50 % en este factor elevó el VNA a Q658,439.64. Esto indicó que la gestión eficiente del almacenamiento tenía un impacto crítico en los resultados financieros del proyecto.

Por otro lado, la eficiencia en las operaciones también demostró una influencia considerable. Con una reducción del 10 %, el VNA se mantuvo estable en Q102,303.75. A medida que la eficiencia mejoró, el VNA alcanzó un valor de Q136,074.38 con un aumento del 50 %. Este resultado resaltó la importancia de optimizar las operaciones del centro de distribución para maximizar la rentabilidad.

La sensibilidad frente al costo de mano de obra fue moderada. Con una disminución del 10 %, el VNA alcanzó Q96,543.31, y con un incremento del 50 %, se elevó a Q164,876.59. Esto sugirió que, si bien los costos laborales tuvieron un impacto en el resultado final, este factor no fue tan decisivo como el costo de almacenamiento o la eficiencia operativa.

Finalmente, la demanda del mercado también tuvo una influencia significativa en el VNA. Una disminución del 10 % en la demanda redujo el VNA a Q66,844.58, mientras que un incremento del 50 % en la demanda aumentó el VNA a Q313,370.21. Este análisis destacó la relevancia de asegurar una demanda constante y creciente para mantener la viabilidad del proyecto.

**Figura 43. Proyección financiera a 5 años del centro de distribución carretera a El Salvador**

FLUJO DE EFECTIVO CENTRO DE DISTRIBUCIÓN CARRETERA A EL SALVADOR						
Cifras expresadas en Quetzales						
	Año					
	0	1	2	3	4	5
Camiones despachados		4680	4680	4680	4680	4680
Pedidos preparados		37440	37440	37440	37440	37440
Camiones descargados		1820	1820	1820	1820	1820
Posiciones en estanterías disponibles		4000	4000	4000	4000	4000
Minutos ahorrados en cargas de camiones		Q46,800.00	Q46,800.00	Q46,800.00	Q46,800.00	Q46,800.00
Minutos ahorrados en preparación de los pedidos		Q336,960.00	Q336,960.00	Q336,960.00	Q336,960.00	Q336,960.00
Minutos ahorrados en descargas de camiones		Q9,100.00	Q9,100.00	Q9,100.00	Q9,100.00	Q9,100.00
Minutos ahorrados en posicionamiento de inventario		Q60,000.00	Q60,000.00	Q60,000.00	Q60,000.00	Q60,000.00
Costo por minuto ahorrado		Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59
Posiciones de almacenaje incrementadas		Q700.00	Q700.00	Q700.00	Q700.00	Q700.00
Costo por m <sup>2</sup>		Q42.61	Q42.61	Q42.61	Q42.61	Q42.61
<b>Ingresos</b>						
Reducción de horas necesarias por despacho		Q27,690.00	Q27,690.00	Q27,690.00	Q27,690.00	Q27,690.00
Incremento en capacidad		Q429,553.15	Q429,553.15	Q429,553.15	Q429,553.15	Q429,553.15
Tiempo ahorrado en descargas		Q5,384.17	Q5,384.17	Q5,384.17	Q5,384.17	Q5,384.17
Reducción de horas necesarias por preparación		Q199,368.00	Q199,368.00	Q199,368.00	Q199,368.00	Q199,368.00
<b>Total Ingresos</b>		<b>Q661,995.32</b>	<b>Q661,995.32</b>	<b>Q661,995.32</b>	<b>Q661,995.32</b>	<b>Q661,995.32</b>
<b>Egresos</b>						
Inversión inicial	Q2,394,799.08					
Mantenimiento de montacargas		Q10,000.00	Q10,000.00	Q10,000.00	Q10,000.00	Q10,000.00
Control de calidad		Q12,000.00	Q12,000.00	Q12,000.00	Q12,000.00	Q12,000.00
Depreciación		Q471,759.82	Q471,759.82	Q471,759.82	Q471,759.82	Q471,759.82
Combustible		Q3,600.00	Q3,600.00	Q3,600.00	Q3,600.00	Q3,600.00
Capacitaciones 2 veces al año		Q3,735.69	Q3,735.69	Q3,735.69	Q3,735.69	Q3,735.69
Ganancia antes de impuestos		Q160,899.81	Q160,899.81	Q160,899.81	Q160,899.81	Q160,899.81
Impuestos 25%		Q40,224.95	Q40,224.95	Q40,224.95	Q40,224.95	Q40,224.95
Utilidad neta		Q120,674.86	Q120,674.86	Q120,674.86	Q120,674.86	Q120,674.86
(+) Depreciaciones		Q471,759.82	Q471,759.82	Q471,759.82	Q471,759.82	Q471,759.82
Valor de Salvamento Montacargas						Q36,000.00
Flujo de efectivo neto	-Q2,394,799.08	Q592,434.67	Q592,434.67	Q592,434.67	Q592,434.67	Q628,434.67
TMAR		18%				
TIR		8%				
VPN		-Q526,418.61				
VPN Acumulada	-Q2,394,799.08	-Q1,892,735.80	-Q1,467,258.44	-Q1,106,684.41	-Q801,113.19	-Q526,418.61
<b>ROI</b>		<b>25.20%</b>				

Fuente: elaboración propia.

En el análisis financiero realizado, se evaluó la viabilidad de la inversión en el centro de distribución ubicado en carretera a El Salvador. El estudio abarcó un período de cinco años, considerando tanto los ingresos como los egresos esperados, y calculando indicadores clave como el valor neto actual (VNA), la tasa interna de retorno (TIR) y el retorno sobre la inversión (ROI).

En cuanto a los ingresos, el análisis se basó principalmente en los ahorros generados por la optimización de diversos procesos operativos. El ahorro más significativo derivó del incremento en la capacidad del centro de distribución, que proporcionó un ingreso anual constante de Q429,553.15. Además, se identificaron otros ahorros importantes, como la reducción de horas necesarias para el despacho, que generó Q27,690.00 anuales, y la preparación de pedidos, que representó un ahorro de Q199,388.00 cada año. También se consideraron ahorros menores pero relevantes, como el tiempo ahorrado en la descarga de

camiones, con un valor anual de Q5,834.17. En total, los ingresos anuales proyectados ascendieron a Q661,955.32 a lo largo de los cinco años evaluados.

Es relevante destacar que se consideró el impacto financiero del tiempo ahorrado en las operaciones. Para esto, se evaluó el costo asociado a la reducción de tiempo en las tareas, tomando en cuenta el salario base de los operarios y el supervisor, así como sus prestaciones laborales. En este análisis, se aplicó un factor de 1.42 al salario base de cada empleado para reflejar el costo total que incluye tanto el salario base como las prestaciones, tales como IGGS, Bono 14, vacaciones, indemnización y aguinaldo. Este ajuste permitió estimar de manera más precisa el costo de la eficiencia relacionado con el tiempo que se logra ahorrar en las actividades operativas.

Por otro lado, se determinó el costo por metro cuadrado del espacio de almacenamiento a partir de cotizaciones obtenidas de bodegas con características similares en ubicaciones cercanas al centro de distribución. Es decir, que el beneficio obtenido por aumentar el espacio de almacenamiento sería igual al costo de oportunidad de haber alquilado ese espacio con un proveedor externo. Se tomó el total de la cotización de una bodega y se dividió entre la superficie total en metros cuadrados, resultando en un costo promedio de \$5.52 por metro cuadrado. Este monto fue convertido a quetzales utilizando un tipo de cambio de Q7.72 por dólar, lo que da como resultado un costo total de Q42.61 por metro cuadrado para el centro de distribución.

En cuanto a los egresos, el proyecto presentó un costo inicial significativo de Q2,394,799.08, correspondiente a la inversión requerida para la implementación de los sistemas y la adquisición de equipos. Además, se incluyeron costos operativos recurrentes, como el mantenimiento de montacargas (Q10,000.00), control de calidad (Q12,000.00), combustible (Q3,600.00) y capacitaciones al personal (Q3,735.66 dos veces al año). También se consideró la depreciación de los equipos, que representó un costo anual de Q471,758.82. Tras considerar los impuestos, que representaron un 25 % de las ganancias, el flujo de caja neto comenzó a ser positivo a partir del primer año de operación. Sin embargo, a pesar de estos flujos de caja positivos, la inversión inicial continuó impactando negativamente el balance general del proyecto.

El flujo de efectivo neto acumulado mostró una pérdida inicial de Q2,394,799.08 en el primer año. Aunque los flujos netos fueron positivos en los años siguientes, el valor neto actual (VNA) acumulado siguió siendo negativo, alcanzando Q-528,418.61 al final del período evaluado. Esto indicó que, incluso después de cinco años, el proyecto no generó flujos de caja suficientes para cubrir la inversión inicial y los costos asociados, lo que planteó dudas sobre la rentabilidad del mismo.

Uno de los aspectos más relevantes en la evaluación del proyecto fue la comparación entre la tasa interna de retorno (TIR) y la tasa mínima aceptable de retorno (TMAR). La TIR obtenida fue del 8 %, una cifra considerablemente inferior a la TMAR del 18 %. Esta diferencia señaló que la inversión no alcanzó los rendimientos esperados, lo cual indicó que el proyecto no fue financieramente viable bajo los parámetros establecidos.

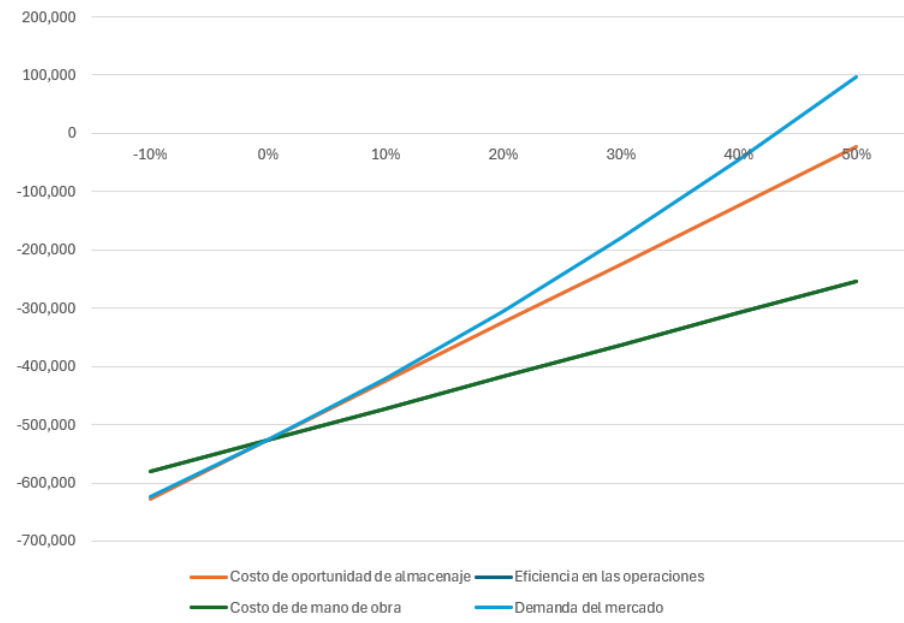
## Análisis de sensibilidad sobre el valor presente neto (VPN)

**Cuadro 8.** Impacto de variaciones en costos, eficiencia y demanda sobre el centro de distribución en carretera a El Salvador

	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Costo de oportunidad de almacenaje	-Q627,165.07	-Q526,418.61	-Q425,672.14	-Q324,925.68	-Q224,179.22	-Q123,432.76	-Q22,686.29
Eficiencia en las operaciones	-Q580,935.09	-Q526,418.61	-Q471,902.13	-Q417,385.64	-Q362,869.16	-Q308,352.68	-Q253,836.20
Costo de mano de obra	-Q580,935.09	-Q526,418.61	-Q471,902.13	-Q417,385.64	-Q362,869.16	-Q308,352.68	-Q253,836.20
Demanda del mercado	-Q623,018.49	-Q526,418.61	-Q420,466.85	-Q305,163.24	-Q180,507.75	-Q46,500.39	Q96,858.83

Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 8.** Representación gráfica del impacto de variaciones en costos, eficiencia y demanda sobre el VNA para el centro de distribución en carretera a El Salvador



Fuente: elaboración propia.

En el análisis de sensibilidad realizado, se examinó la variación porcentual de cada variable, desde una reducción del 10 % hasta un incremento del 50 %, para evaluar los efectos de estos cambios en el valor neto actual (VNA) del proyecto.

Se observó que el costo de oportunidad de almacenaje tuvo un impacto significativo en el VNA. Cuando este costo aumentó en un 50 %, el VNA alcanzó Q-226,868.29, lo que representó una mejora considerable respecto a la situación inicial de Q-526,418.61. Sin embargo, a pesar de esta mejora, el VNA del proyecto continuó siendo negativo. Esto indicó que, aunque una optimización en la utilización del espacio de almacenaje podría reducir las pérdidas, no fue suficiente por sí sola para lograr una rentabilidad adecuada. Este resultado subrayó la necesidad de mejorar otros factores, como la demanda y la eficiencia operativa, para compensar los costos de oportunidad en el almacenamiento.

La eficiencia operativa también mostró un impacto significativo en el VNA. Al mejorar en un 50 %, el VNA se incrementó hasta Q-253,836.22, casi reduciendo a la mitad la pérdida inicial. Este hallazgo indicó que las mejoras en los procesos operativos, tales como la reducción en los tiempos de preparación de pedidos y despacho, podrían disminuir considerablemente las pérdidas del proyecto. Sin embargo, a pesar de esta mejora, el VNA permaneció negativo en todos los escenarios simulados, lo que reforzó la necesidad de realizar mejoras adicionales en otros aspectos del proyecto.

Por otro lado, a pesar de una reducción del 50 % en el costo de mano de obra, el VNA mejorado siguió siendo negativo, alcanzando Q-253,836.22. Esto sugirió que, aunque la reducción en los costos laborales podía ayudar a mejorar la viabilidad financiera del proyecto, este factor por sí solo no fue suficiente para revertir la situación. La mano de obra representaba una parte significativa de los costos operativos, por lo que su optimización era crucial, pero debía complementarse con otras mejoras, como un incremento en la eficiencia operativa y una mayor demanda del mercado.

Finalmente, la demanda del mercado presentó el mayor impacto sobre el VNA. Un incremento del 50 % en la demanda generó un VNA positivo de Q96,858.82, lo que indicó que, si el mercado respondía favorablemente y se incrementaba el volumen de operaciones, el proyecto podría volverse rentable. Esto subrayó la importancia crítica de la demanda en la viabilidad del proyecto, mostrando que el éxito del proyecto estaba estrechamente vinculado a su capacidad para captar y mantener una mayor demanda en el mercado.

### **C. Estimación de los beneficios**

Para evaluar el impacto económico de las modificaciones propuestas en los centros de distribución, se ha realizado una comparación entre el escenario actual (sin cambios) y el escenario optimizado con las mejoras propuestas. La metodología aplicada para esta estimación considera los ahorros generados como una fuente de ingresos indirectos en los flujos de efectivo, dado que representan una reducción significativa en costos operativos y una mejora en la eficiencia.

La estimación de beneficios se basa en el cálculo de los ahorros que se generarían al implementar los cambios propuestos en los tres centros de distribución. Para obtener estos beneficios, se realizó una comparación entre dos escenarios: el escenario sin cambios y el escenario optimizado. El escenario sin cambios representa el costo operativo actual, el cual incluye tiempos prolongados de preparación y despacho de productos, tiempos de almacenamiento ineficientes, costos de manejo y espacio subutilizado.

Mientras que, el escenario optimizado representa los costos operativos después de implementar las modificaciones, las cuales incluyen la reorganización de los *layouts*, la mejora en el flujo de trabajo y la optimización del espacio de almacenamiento mediante nuevos métodos.

La diferencia entre el costo del escenario sin cambios y el costo del escenario optimizado constituye el beneficio neto o ahorro generado por la propuesta. Dado que los ahorros generados se traducen en una reducción directa de los costos operativos, estos son considerados como ingresos dentro de los flujos de efectivo del proyecto. Al disminuir los gastos asociados con la operación de los centros de distribución, se logra una mejora en los márgenes operativos y una optimización de recursos, lo cual impacta positivamente en la rentabilidad general de la empresa (Blank y Tarquin, 2006, p.15).

#### **D. Análisis de retorno de la inversión (ROI)**

En una industria altamente competitiva como la del acero, la toma de decisiones estratégicas debe basarse en resultados financieros claros y medibles. Basándose en las cotizaciones y proyecciones financieras, se calculó el retorno de la inversión (ROI) para los tres centros de distribución, de acuerdo con la fórmula establecida en el marco teórico.

Como se observó en la Figura 32, para el centro de distribución ubicado en la zona 7, el resultado del ROI fue del 63.32 %, lo que demostró que la inversión inicial sería recuperada en un periodo corto, claramente dentro del plazo establecido. Este resultado reflejó la efectividad de las mejoras implementadas, que optimizaron el uso del espacio y aumentaron la eficiencia operativa. Los flujos de efectivo generados por las modificaciones aseguraron una rentabilidad sostenida, confirmando que las decisiones tomadas en este centro estuvieron alineadas con los objetivos de optimización y recuperación financiera a corto plazo.

De la misma manera, como se observó en la Figura 33, el centro de distribución ubicado en la zona 11 arrojó un ROI aún mayor, del 71.31 %, indicando un retorno excelente y una rápida recuperación de la inversión en menos de cinco años. Las modificaciones realizadas en este centro demostraron ser particularmente efectivas en

términos de rentabilidad, con mejoras significativas en la capacidad de almacenamiento y la logística interna. Este alto nivel de retorno subrayó la solidez de las inversiones y su capacidad para generar valor a largo plazo, además de confirmar que las estrategias aplicadas fueron las más adecuadas para este centro de distribución.

Sin embargo, como se pudo notar en la Figura 34, el centro de distribución de carretera a El Salvador presentó un ROI de 25.20 %. Esto sugirió que, si bien las mejoras implementadas pudieron contribuir a una mayor eficiencia, la recuperación de la inversión en este centro probablemente no se lograría dentro del período de cinco años. Se observó que factores como el diseño de las mejoras, la infraestructura o las condiciones del mercado específico de este centro pudieron haber limitado su rentabilidad.

Por lo tanto, a futuro, es necesario replantear las estrategias y explorar alternativas como arrendar una bodega adicional en lugar de solo centrarse en la optimización del almacenamiento. Evaluar opciones como la expansión de la infraestructura o ajustes en el diseño operativo podría ser relevante para mejorar la viabilidad financiera a largo plazo del centro de distribución de carretera a El Salvador.

## X. INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD Y SEGUIMIENTO DEL RENDIMIENTO

### A. Definición de indicadores clave de rendimiento (KPI)

La eficiencia operativa no solo se mide por la rapidez con que se completan las tareas, sino por cómo cada segundo ahorrado se traduce en una mayor capacidad para satisfacer la demanda, reducir costos y mejorar la calidad del servicio. Para evaluar el impacto de las modificaciones propuestas en los *layouts*, fue esencial desarrollar indicadores clave de rendimiento (KPI) que reflejaran de manera precisa la comparación entre los escenarios antes y después de la propuesta de mejora.

De este modo, los KPI fueron diseñados para capturar y analizar el rendimiento operativo en ambos escenarios, proporcionando una visión clara de los beneficios estimados que se podrían alcanzar con los nuevos diseños, en contraste con la situación actual.

**Cuadro 9.** *Definición y fórmulas de KPI para la evaluación de mejoras en los centros de distribución*

KPI	Definición	Fórmula
Productividad de los operarios (operaciones por hora)	Número de operaciones completadas por cada operario en una hora de trabajo (insightsoftware, 2023).	$  \begin{aligned}  & \textit{Productividad} \\  & = \frac{\textit{Total de operaciones}}{\textit{Horas trabajadas}}  \end{aligned}  $

Tiempo promedio de ciclo por operación (minutos por operación)	Tiempo promedio que tarda un operario en completar una operación o tarea en un entorno de producción o logística (Brain Logistic, 2014).	$\begin{aligned} & \textit{Tiempo prom.} \\ & = \frac{\textit{Tiempo total de operaciones}}{\textit{Número de operaciones}} \end{aligned}$
Tasa de recepción de material (TRM)	Número de unidades recibidas por minuto durante el proceso de recepción (TAWI, 2021).	$\begin{aligned} & \textit{TRM} \\ & = \frac{\textit{Unidades recibidas}}{\textit{Tiempo de recepción (minutos)}} \end{aligned}$
Eficiencia de almacenamiento (EA)	Número de unidades almacenadas por minuto durante el proceso de almacenamiento (SKU Logistics, 2022).	$\begin{aligned} & \textit{EA} \\ & = \frac{\textit{Unidades almacenadas}}{\textit{Tiempo de almacenamiento (minutos)}} \end{aligned}$
Eficiencia de preparación de pedidos (EPP)	Número de pedidos preparados por hora durante el proceso de preparación (Peña, 2024).	$\begin{aligned} & \textit{EPP} \\ & = \frac{\textit{Pedidos preparados}}{\textit{Tiempo de preparación (minutos)}} \end{aligned}$
Eficiencia de despacho (ED)	Número de pedidos despachados por hora durante el proceso de despacho (Valdés, 2023).	$\textit{ED} = \frac{\textit{Pedidos despachados}}{\textit{Tiempo de despacho (hora)}}$

Fuente: elaboración propia.

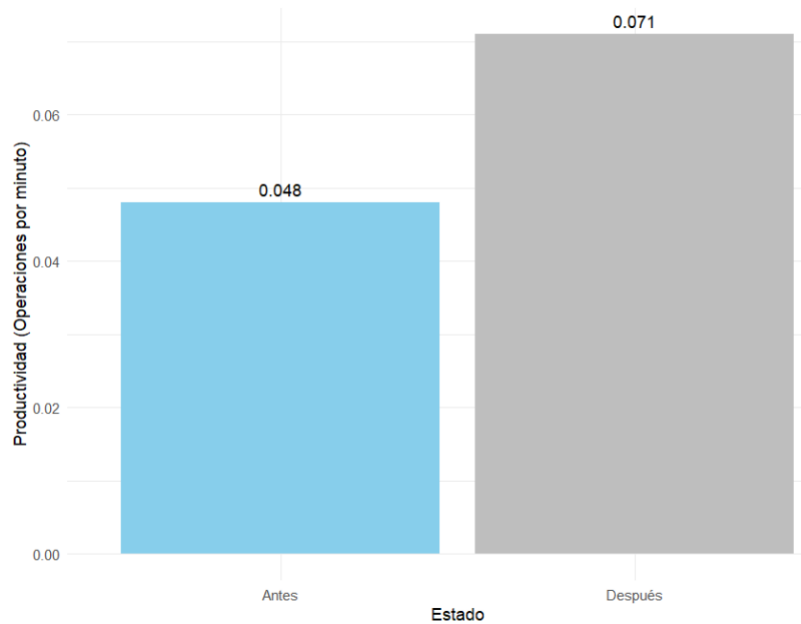
Los resultados obtenidos a partir de las fórmulas de los KPI, detallados en la tabla anterior, fueron analizados para evaluar el impacto de las mejoras implementadas en los procesos. Se calcularon los valores de cada KPI tanto antes como después de la optimización, lo que permitió identificar el grado de mejora en cada área. Los resultados reflejaron una reducción significativa en los tiempos y un aumento en la eficiencia, evidenciado por los porcentajes de mejora calculados.

**Cuadro 10.** *Medición de la productividad de operarios antes y después de la optimización*

Productividad de los operarios (operaciones por hora)	
Antes	Después
$\frac{6 \text{ operaciones}}{124 \text{ minutos}}$ <p>= 0.048 operaciones/minuto</p>	$\frac{6 \text{ operaciones}}{85 \text{ minutos}}$ <p>= 0.071 operaciones/minuto</p>

Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 9.** *Comparación de productividad de operarios antes y después de las mejoras*



Fuente: elaboración propia.

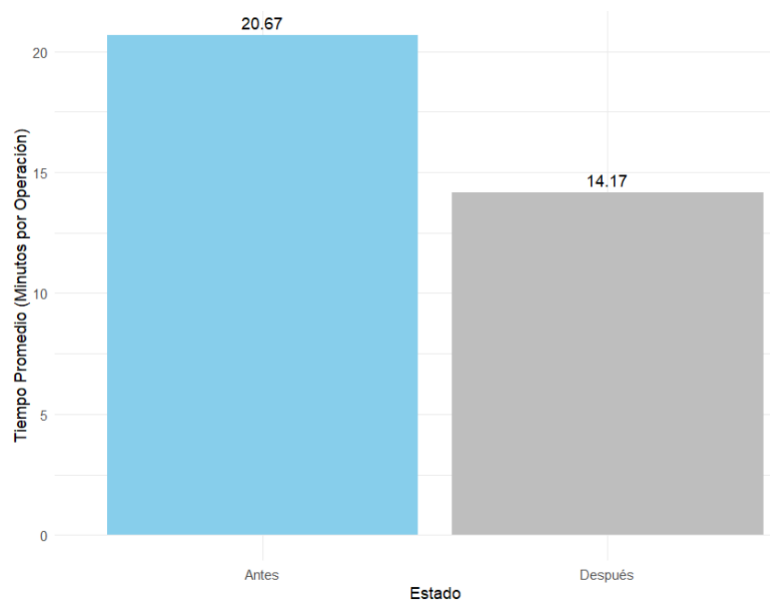
Porcentaje de mejora en la productividad de los operarios = 47.92 %

**Cuadro 11.** *Medición del tiempo promedio de ciclo por operación antes y después de la optimización*

Tiempo promedio de ciclo por operación (minutos por operación)	
Antes	Después
$\frac{124 \text{ minutos}}{6 \text{ operaciones}}$ $= 20.67 \text{ minutos/operación}$	$\frac{85 \text{ minutos}}{6 \text{ operaciones}}$ $= 14.17 \text{ minutos/operación}$

Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 10.** *Comparación del tiempo promedio de ciclo por operación antes y después de las mejoras*



Fuente: elaboración propia.

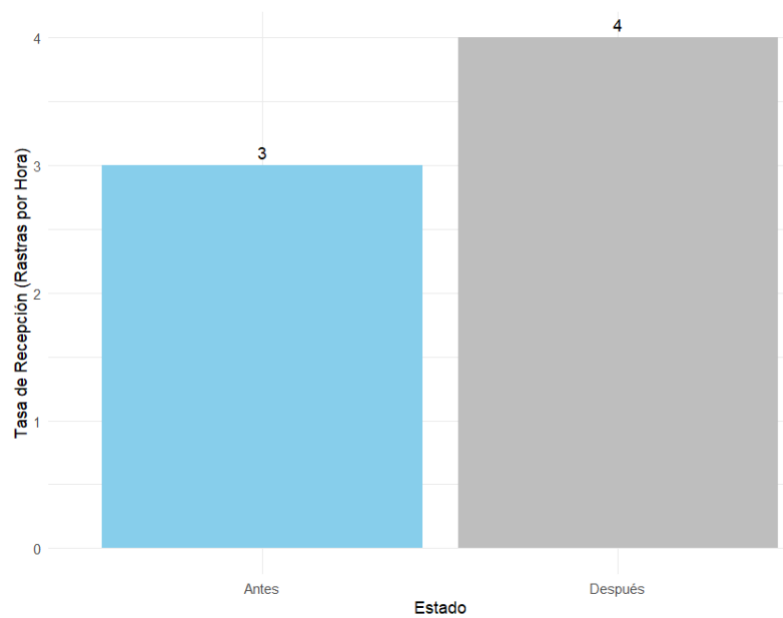
Porcentaje de ahorro en el tiempo promedio de ciclo por operación = - 31.45 %

**Cuadro 12.** *Medición de la TRM antes y después de la optimización*

Tasa de recepción de material (TRM)	
Antes	Después
$\frac{1 \text{ unidad (rastra)}}{0.33 \text{ horas}} = 3 \text{ rastras/hora}$	$\frac{1 \text{ unidad (rastra)}}{0.25 \text{ horas}} = 4 \text{ rastras/hora}$

Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 11.** *Comparación de la TRM antes y después de las mejoras*



Fuente: elaboración propia.

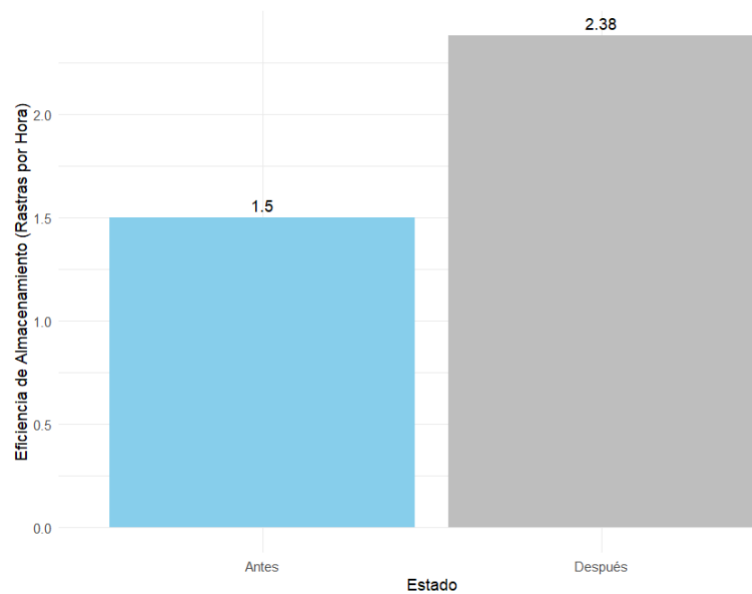
Porcentaje de mejora en TRM = 33.33 %

**Cuadro 13.** *Medición de la EA antes y después de la optimización*

Eficiencia de almacenamiento (EA)	
Antes	Después
$\frac{1 \text{ unidad (rastra)}}{0.67 \text{ horas}}$ <p>= 1.5 rastras/hora</p>	$\frac{1 \text{ unidad (rastra)}}{0.42 \text{ horas}}$ <p>= 2.38 rastras/hora</p>

Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 12.** *Comparación de la EA antes y después de las mejoras*



Fuente: elaboración propia.

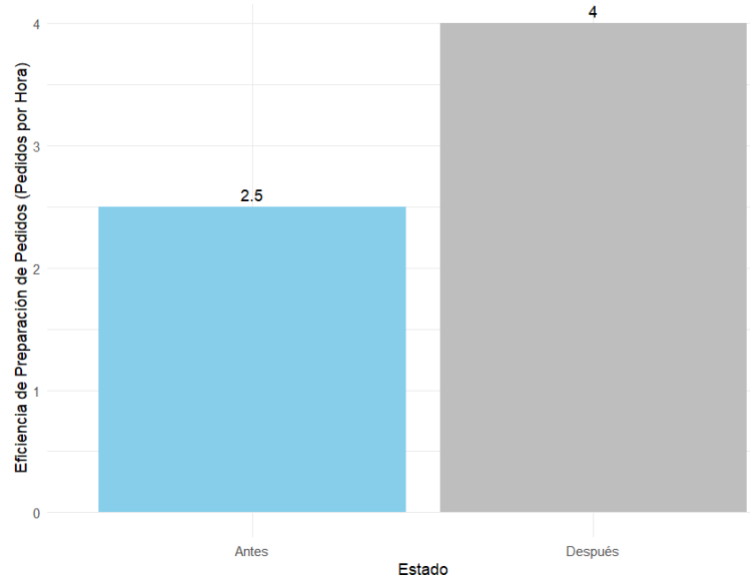
Porcentaje de mejora en EA = 58.67 %

**Cuadro 14.** *Medición de la EPP antes y después de la optimización*

Eficiencia de preparación de pedidos (EPP)	
Antes	Después
$\frac{1 \text{ pedido preparado}}{0.4 \text{ horas}}$ $= 2.5 \text{ pedidos/hora}$	$\frac{1 \text{ pedido preparado}}{0.25 \text{ horas}}$ $= 4 \text{ pedidos/hora}$

Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 13.** *Comparación de la EPP antes y después de las mejoras*



Fuente: elaboración propia.

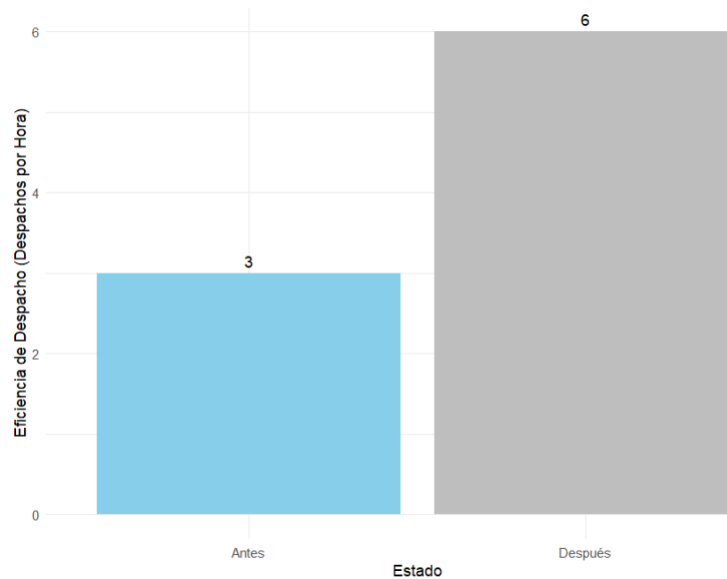
Porcentaje de mejora en EPP = 60 %

**Cuadro 15.** Medición de la ED antes y después de la optimización

Eficiencia de despacho (ED)	
Antes	Después
$\frac{1 \text{ pedido despachado}}{0.33 \text{ horas}}$ $= 3 \text{ despachos/hora}$	$\frac{1 \text{ pedido despachado}}{0.17 \text{ horas}}$ $= 6 \text{ despachos/hora}$

Fuente: elaboración propia.

**Gráfica 14.** Comparación de la ED antes y después de las mejoras



Fuente: elaboración propia.

Porcentaje de mejora en ED = 100 %

## B. Interpretación de resultados

Las modificaciones propuestas para optimizar los procesos demostraron un impacto significativo en los indicadores clave de rendimiento (KPI) evaluados en escenarios hipotéticos antes y después de su implementación. Es importante aclarar que las cifras presentadas a continuación no reflejan resultados obtenidos en un entorno real, sino

estimaciones proyectadas en función de los cambios propuestos. Esta comparación entre el estado actual y el potencial mejorado permite visibilizar el efecto que las modificaciones tendrían sobre la eficiencia operativa en distintas áreas de los centros de distribución.

Las cifras obtenidas en estos escenarios proyectados evidencian un aumento considerable en la eficiencia operativa y transformaciones en las principales áreas de operación, destacando el potencial de éxito y efectividad de las optimizaciones propuestas.

La productividad de los operarios aumentó en un 47.92 %, lo que demostró una mayor cantidad de operaciones realizadas en el mismo período. Este incremento se atribuyó directamente a la reorganización de los espacios de trabajo y la introducción de herramientas y equipos modernos, como montacargas. Estas modificaciones optimizaban el flujo de trabajo, facilitando una ejecución más rápida y eficiente de las tareas.

El tiempo promedio de ciclo por operación se redujo en un 31.45 %, reflejando una disminución significativa en el tiempo necesario para completar cada tarea. Este resultado fue consecuencia de la simplificación de los procesos junto con una mejor sincronización entre las etapas operativas. La implementación de un diseño de *layout* más fluido permitió una reducción en el tiempo de ciclo, aumentando la capacidad de producción y reduciendo los costos operativos.

La tasa de recepción de material mejoró en un 33.33 %, evidenciando una optimización en el proceso de recepción de materiales. La integración de tecnologías avanzadas y la reorganización de los espacios de recepción permitieron una gestión más eficiente del flujo de trabajo, aumentando la capacidad para manejar volúmenes de material de manera más efectiva.

La eficiencia de almacenamiento mostró una mejora significativa del 58.67 %. La reorganización del espacio de almacenamiento y la adopción de métodos modernos, como estanterías *cantilever* y sistemas de almacenamiento vertical, permitieron un uso más eficiente del espacio y un acceso más rápido y preciso a los productos.

La eficiencia de preparación de pedidos aumentó en un 60 %, evidenciando mejoras en la rapidez y precisión en la preparación de pedidos. La automatización de procesos, junto con la reorganización del *layout* y la optimización de las rutas de *picking*, permitieron una preparación de pedidos más eficiente. Estos cambios facilitaron una integración más fluida entre los procedimientos de preparación y redujeron significativamente el tiempo requerido para completar cada pedido.

Finalmente, la eficiencia de despacho duplicó su rendimiento con un aumento del 100 %. Este cambio drástico fue resultado de una buena reorganización del proceso de

despacho, la eliminación de cuellos de botella y la optimización del flujo de trabajo entre la preparación y el despacho. Estos cambios permitieron una capacidad

significativamente mayor para despachar pedidos en el mismo período de tiempo, mejorando el servicio al cliente y gestionando eficazmente los pedidos en un entorno de alta demanda.

## XI. CONCLUSIONES

1. Se realizó el análisis de los diseños actuales en los tres centros de distribución, utilizando diagramas de flujo, de causa y efecto y de recorrido, para evaluar la organización del almacenamiento de las macrofamilias de productos, en donde se observó que la distribución de los productos no seguía un criterio estandarizado, generando ineficiencias en su acceso y manejo. Además, la recopilación de datos permitió realizar los diagramas de las operaciones que se llevan a cabo, y cuantificar los tiempos y otras métricas de productividad.
2. Las modificaciones propuestas, diseñadas mediante AutoCAD, permitieron un incremento del 25 % en la utilización de áreas previamente no aprovechadas dentro de las bodegas. Esto resultó en un aumento significativo de la capacidad de almacenamiento al optimizar el uso de estanterías verticales y sistemas *cantilever* en zonas específicas. Se estima que la implementación de esta reestructuración requeriría aproximadamente 33 días, asegurando una transición eficiente sin interrumpir las operaciones diarias del centro de distribución.
3. Los análisis financieros de los tres centros de distribución muestran diferencias significativas en su viabilidad económica. En el caso de carretera a El Salvador, se observó un VNA de Q-526,418.61 y una TIR del 8 %, que está por debajo de la TMAR del 18 %. Esto indica que la inversión no se recuperará en menos de 5 años, lo que hace que este proyecto no sea financieramente viable. Por otro lado, los centros de zona 7 y zona 11 presentaron un VNA positivo, con TIR del 19 % y 21 %, respectivamente, lo cual evidencia que ambos centros podrán recuperar su inversión inicial en un plazo razonable de menos de 5 años siendo estos proyectos financieramente viables.
4. Los análisis del ROI para las propuestas de reestructuración muestran resultados diversos. Los centros de zona 7 y zona 11 tienen ROI altos, 63.32 % y 71.31 %, lo que refleja una rápida recuperación de la inversión. En contraste, el centro de carretera a El Salvador, con un ROI de 25.20 %, indica una rentabilidad más baja, atribuyéndose a que la eficiencia por metro cuadrado de las bodegas no es tan significativa fuera de la ciudad, reduciendo la necesidad de una mayor inversión en su reorganización.
5. En la evaluación de la mejora en los procesos operativos se establecieron indicadores clave de productividad como la productividad de los operarios (operaciones por hora), el tiempo promedio de ciclo (minutos por operación), la tasa

de recepción de material (unidades por minuto), la eficiencia de almacenamiento (unidades almacenadas por minuto), la eficiencia de preparación de pedidos (pedidos por hora) y la eficiencia de despacho (pedidos despachados por hora). La evaluación de estos KPI mostró un incremento del 18 % en la eficiencia operativa, con una reducción en el tiempo promedio de preparación de pedidos de 30 a 24 minutos, lo que confirma la efectividad de las mejoras implementadas en los centros de distribución.

## XII. RECOMENDACIONES

1. Es esencial realizar actualizaciones periódicas en los diseños de los *layouts* para mantener la eficiencia operativa debido a que la demanda de los productos es cambiante y por lo tanto su ubicación debe ser constantemente actualizada. Se recomienda implementar un plan de revisión semestral del diseño de los *layouts* para adaptar los cambios en la demanda y en los patrones de pedidos, asegurando que el sistema siga optimizando el rendimiento.
2. Se recomienda continuar explorando e incorporando tecnologías avanzadas que puedan mejorar aún más la eficiencia de los procesos. La adopción de nuevas herramientas y sistemas, como software de gestión de inventarios más sofisticado y equipos de automatización, podría seguir contribuyendo a la mejora de los KPI.
3. El análisis financiero de la reestructuración del centro de distribución en carretera a El Salvador muestra un VNA negativo y una TIR inferior a la TMAR, indicando que el proyecto no es financieramente viable. Se recomienda revisar los costos y la inversión inicial, y considerar ajustes en el financiamiento o en la estrategia operativa para mejorar la rentabilidad del proyecto.
4. Se debe asegurar que el personal reciba formación continua en el uso de nuevas tecnologías y métodos de trabajo. La capacitación regular puede ayudar a mantener la alta eficiencia y a maximizar los beneficios de las modificaciones realizadas en los procesos operativos, y a mantener los indicadores de productividad con una eficiencia alta.
5. Se recomienda implementar un sistema de monitoreo y análisis de KPI para evaluar continuamente el impacto de las modificaciones realizadas. Este monitoreo permitirá identificar áreas de mejora y ajustar las estrategias operativas según sea necesario para mantener y mejorar el rendimiento.

### XIII. BIBLIOGRAFÍA

- Aceros de Guatemala. (2022). *AG*. Obtenido de <https://www.corporacionag.com/es/categoria-producto/perfiles-ag>
- Aceros Torices. (2013). Obtenido de <https://acerostorices.com/perfiles-estructurales/#:~:text=Los%20perfiles%20estructurales%20son%20materiales,los%20pisos%20y%20los%20muros>.
- Achierros. (28 de Junio de 2019). *ACHIERROS*. Obtenido de <https://achierros.com/usuarios-del-hierro/#:~:text=El%20hierro%20es%20un%20material,%2C%20estribos%2C%20tubos%2C%20chapas%E2%80%A6>
- Almer. (16 de Agosto de 2023). *ALMER*. Obtenido de <https://www.almer.com.mx/articulo/34-como-funcionan-los-centros-de-distribucion>
- Amazing steel. (2021). *Racks y Anaqueles*. Obtenido de <https://asteel.com.mx/selectivo.html>
- Ar racking. (12 de Febrero de 2023). *AR-Racking*. Obtenido de <https://www.ar-racking.com/es/sistemas-almacenaje/estanterias-industriales/paletizacion/estanterias-push-back-dinamicas/>
- Bertolini. (2021). *Bertolini Sistemas de Armazenagem*. Obtenido de <https://www.bertoliniarmazenagem.com.br/es/produto/cantilever/16>
- Blank, L., y Tarquin, A. (2006). Flujos de efectivo: estimación y diagramación. En L. Blank, & A. Tarquin, *Ingeniería Económica*. McGraw Hill.
- Brain Logistic. (14 de octubre de 2014). *Youtube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=bGvA116STiQ>
- Bussiness School . (Febrero de 2020). *BMF*. Obtenido de <https://bmfschool.com/2023/01/10/valor-actual-neto-que-es-y-como-calcularlo/>
- Castillo, Y. A. (2023). *monografias*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos107/manual-higiene-seguridad-y-bioseguridad/manual-higiene-seguridad-y-bioseguridad4>

- Chase, R., y Jacobs, R. (2014). *Administración de operaciones | Producción y Cadena de Suministros*. México: McGrawHill. Obtenido de <https://ucreanop.com/wp-content/uploads/2020/08/Administracion-de-Operaciones-Produccion-y-Cadena-de-Suministro-13edi-Chase.pdf>
- EPA en línea. (2024). *EPA*. Obtenido de [https://gt.epaenlinea.com/estante-acero-uso-pesado-5-niveles-148-x-70-x-30-cm-175-kg-por-nivel-carga-maxima-875-kg-plateado.html?queryID=0f8a845e87d1c62494db53fada5aada8&objectID=932007&indexName=prodtgt\\_t4\\_products](https://gt.epaenlinea.com/estante-acero-uso-pesado-5-niveles-148-x-70-x-30-cm-175-kg-por-nivel-carga-maxima-875-kg-plateado.html?queryID=0f8a845e87d1c62494db53fada5aada8&objectID=932007&indexName=prodtgt_t4_products)
- Esmelux*. (10 de Agosto de 2020). Obtenido de <https://www.esmelux.com/blog/pros-y-contras-de-las-estanter%C3%ADas-cantilever>
- Esnova. (07 de febrero de 2024). *Esnova*. Obtenido de <https://esnova.com/es/blog/usos-y-ventajas-estanterias-metalicas-almacen/>
- Esypro*. (04 de Abril de 2023). Obtenido de <https://esypro.com/como-optimizar-la-productividad-a-traves-de-la-ergonomia/>
- Fundación Estatal para prevención de riesgos. (19 de Julio de 2020). *Salud Laboral*. Obtenido de <https://saludlaboral.org/portal-preventivo/riesgos-laborales/riesgos-relacionados-con-la-seguridad-en-el-trabajo/manipulacion-manual-de-cargas/>
- Guangdong Xinmiao Storage Equipment Co. (2024). *Alibaba*. Obtenido de [https://www.alibaba.com/product-detail/Mracking-Push-Back-Racking-System-For\\_1600923527860.html?spm=a2700.galleryofferlist.p\\_offer.d\\_image.3b9728a8kD2Wqj&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/Mracking-Push-Back-Racking-System-For_1600923527860.html?spm=a2700.galleryofferlist.p_offer.d_image.3b9728a8kD2Wqj&s=p)
- Inmobiliaria Santander. (2023). *Inmobiliaria Santander*. Obtenido de [https://www.inmobiliaria-santander.com/properties/storage-unit-type?page=1&sort\\_by=published\\_at-desc&web\\_page=properties](https://www.inmobiliaria-santander.com/properties/storage-unit-type?page=1&sort_by=published_at-desc&web_page=properties)
- insightsoftware. (02 de mayo de 2023). Obtenido de <https://insightsoftware.com/es/blog/30-manufacturing-kpis-and-metric-examples/>
- Jungheinrich*. (2022). Obtenido de <https://www.jungheinrich.es/productos/estanterias-industriales/estanterias-dinamicas-para-palets/estanteria-push-back-482662>
- Mecalux Colombia. (09 de julio de 2019). *Mecalux*. Obtenido de <https://www.mecalux.com.co/blog/elegir-estanteria-industrial>
- Mecalux esmena. (2022). *Mecalux.es*. Obtenido de <https://www.mecalux.es/manual-almacen/sistemas-de-almacenaje/almacenaje-compacto>

- Mecalux.es. (28 de octubre de 2019). *Mecalux.es*. Obtenido de <https://www.mecalux.es/blog/protecciones-estanterias>
- Mecaux esmena. (16 de Julio de 2020). *Mecalux.es*. Obtenido de <https://www.mecalux.es/estanterias-industriales/estanterias-cantilever>
- Patarón, K. (2022). *Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22791/1/UPS-GT003812.pdf>
- Peña, J. (12 de febrero de 2024). *YouTube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=V8YOkwaLhcQ>
- Planes. (2019). *Ferrosplanes*. Obtenido de <https://ferrosplanes.com/tubos-acero-inoxidable-usos/>
- Portarealstate. (2022). *Instagram*. Obtenido de [https://www.instagram.com/p/CTBReZqNO9K/?img\\_index=1](https://www.instagram.com/p/CTBReZqNO9K/?img_index=1)
- Profesionales, T. (2018). *Estrategias de inversion*. Obtenido de <https://www.estrategiasdeinversion.com/herramientas/diccionario/economia/que-es-la-productividad-definicion-tipos-herramientas-t-1670>
- Prontometal. (2022). *Prontometal*. Obtenido de <https://prontometal.com.uy/producto/rack-pushback/>
- Ptc. (2008). *ptc*. Obtenido de [https://support.ptc.com/help/windchill/r12.1.2.0/es/index.html#page/Windchill\\_Help\\_Center/prodfamily/ProdFamilyOview.html](https://support.ptc.com/help/windchill/r12.1.2.0/es/index.html#page/Windchill_Help_Center/prodfamily/ProdFamilyOview.html)
- RAE. (2010). *Diccionario de la lengua española*.
- Renting finders. (2022). Obtenido de <https://rentingfinders.com/glosario/semirremolque/>
- Rivera, I. R. (2022 de Noviembre de 05). *EL ECONOMISTA*. Obtenido de <https://www.economista.com.mx/tecnologia/Que-es-el-ROI-y-como-se-calcula-20221105-0006.html>
- Ruíz. (30 de Septiembre de 2022). *indeed*. Obtenido de <https://mx.indeed.com/orientacion-profesional/como-encontrar-empleo/que-es-industria-siderurgica>
- Sacardelcentro. (2020). Obtenido de <https://www.sacardelcentro.com/publicacion-2/>
- Sagama Industrial. (2020). *Sagama Industrial*. Obtenido de <https://sagama-industrial.com/racks-industriales/selectivo/>
- Saltmarsh, N. (2010). *Wikipedia*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Estanter%C3%ADa\\_de\\_paletizaci%C3%B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Estanter%C3%ADa_de_paletizaci%C3%B3n)

- SAP*. (2023). Obtenido de <https://www.sap.com/latinamerica/products/scm/extended-warehouse-management/what-is-a-wms.html>
- Sebirsa. (2021). *Sebir*. Obtenido de <https://sebirsa.com/procesos/el-proceso-de-trefilado-de-acero/>
- Segaracks. (31 de Mayo de 2024). *LinkedIn*. Obtenido de <https://es.linkedin.com/pulse/dise%C3%B1o-de-layout-para-instalaci%C3%B3n-racks-industriales-a9gxc>
- SKU Logistics. (25 de febrero de 2022). *SKU Logistics*. Obtenido de <https://skulogistics.com/kpi-almacenes-esenciales/>
- Su, S. (15 de Febrero de 2021). *Abastecimiento.org*. Obtenido de <https://www.abastecimiento.org/abastecimiento-y-su-funcion-en-la-empresa/>
- Tawi. (20 de septiembre de 2021). *TAWI*. Obtenido de <https://www.tawi.com/es/insights/los-kpis-mas-importantes-para-medir-la-eficiencia-de-un-almacen/>
- Trevock. (2024). *TREVOCK*. Obtenido de <https://www.trevock.com/maquinaria-industrial/mon3t3m-montacargas-3-ton-de-3-m-8884?category=5#attr=>
- Valdés, A. (31 de mayo de 2023). *ESAN*. Obtenido de <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/los-kpis-mas-importantes-en-logistica>
- Venki. (2015). *Venki*. Obtenido de <https://www.heflo.com/es/definiciones/analisis-de-proceso/>
- Zyk Consultoría. (2024). *Zyk*. Obtenido de <https://zykconsultoria.com/consultoria-wms/>

## XIV. APÉNDICES

### APÉNDICE 1: CRONOGRAMA PARA LA REALIZACIÓN DE VISITAS A LOS CENTROS DE DISTRIBUCIÓN

Horario	Centro de distribución Aguilar Batres zona II	Centro de distribución Carretera a El Salvador	Centro de distribución Calzada Roosevelt
	Día 1	Día 2	Día 3
9:00 h - 9:30 h	Llegada y presentación con el supervisor.	Llegada y presentación con el supervisor.	Llegada y presentación con el supervisor.
9:30 h - 10:00 h	Reunión inicial para explicar el propósito de la visita y obtener una visión general del centro.	Reunión inicial para explicar el propósito de la visita y obtener una visión general del centro.	Reunión inicial para explicar el propósito de la visita y obtener una visión general del centro.
10: 00 h - 11:00 h	Recorrido guiado por las instalaciones, toma de fotografías y observación general.	Recorrido guiado por las instalaciones, toma de fotografías y observación general.	Recorrido guiado por las instalaciones, toma de fotografías y observación general.
11:00 h - 12:00 h	Entrevista con el supervisor de operaciones para obtener información sobre: Descripción del centro, Disposición y organización de almacenamiento y Procesos de almacenamiento y distribución.	Entrevista con el supervisor de operaciones para obtener información sobre: Descripción del centro, Disposición y organización de almacenamiento y Procesos de almacenamiento y distribución.	Entrevista con el supervisor de operaciones para obtener información sobre: Descripción del centro, Disposición y organización de almacenamiento y Procesos de almacenamiento y distribución.
12:00 h - 12:15 h	Recolección de documentos y planos actuales del centro.	Recolección de documentos y planos actuales del centro.	Recolección de documentos y planos actuales del centro.
12:20 h	Salida.	Salida.	Salida.

## APÉNDICE 2: COTIZACIÓN PARA ADQUISIÓN DE MONTACARGAS DIESEL CON CAPACIDAD DE CARGA DE 5 TON.



Tu aliado en maquinaria

Inicio Productos Contáctenos Eventos



Productos / Montacargas  
/ Montacarga 5 ton de 4.5 mts

Buscar...



### Montacarga 5 ton de 4.5 mts

\$ 45,000.00

[Agregar al carrito](#)

Contacto


WhatsApp : +502 2315 4220  
PBX: +502 2315 4220

## APÉNDICE 3: COTIZACIÓN PARA ADQUISIÓN DE ESTANTERÍAS CANTILEVER SIMPLES.

## APÉNDICE 4: COTIZACIÓN PARA ADQUISIÓN DE ESTANTERÍAS CANTILEVER DOBLES.

ESTANTERÍAS METÁLICAS MESAS DE TRABAJO GAVETAS APILABLES ORDENACIÓN +34 900 696 796 info@pracim.es

En stock



**Configura tu estantería** **844,23€**  
1.021,52€IVA Inc.

Módulo inicial Módulo adicional

Alto mm  
2000 2500 3000

Ancho mm  
1030 1330

Fondo mm  
400 500 600

Niveles  
3 4 5 6

Carga total 3500 Kg Carga por brazo 220 Kg


Color

## APÉNDICE 5: COTIZACIÓN PARA ADQUISIÓN DE ESTANTERÍAS INDUSTRIALES TIPO PICKING.

ESTANTERÍAS METÁLICAS MESAS DE TRABAJO GAVETAS APILABLES ORDENACIÓN +34 900 696 796 info@pracim.es

★★★★★ 193 Opiniones 4.8/5

En stock



**Configurador** **327,12€**  
395,82€IVA Inc.

Módulo inicial Módulo adicional

Alto mm  
2000 2500 3000

Ancho mm  
1500 1850 2250

Ancho TOTAL: +210 mm. Se recomienda además una holgura de 100 mm a cada lado.

Fondo mm  
400 500 600 800 1000

Niveles  
3 4 5 6 7

Carga total Carga por nivel

## APÉNDICE 6: COTIZACIÓN PARA ADQUISIÓN DE ESTANTERÍAS ORDINARIAS DE ACERO.

Guatemala



Buscar en toda la tienda...



Pinula



Productos Tiendas Ideas Folleto Acción Social Nuevos Preferidos Promociones Únete al equipo

Iniciar Sesión

Inicio / Productos / Hogar / Muebles / Estantes y bibliotecas / Estante acero uso pesado 5 niveles 148 x 70 x 30 cm 175 kg por nivel, carga máxima 875 kg plateado



Estante acero uso pesado  
5 niveles 148 x 70 x 30  
cm 175 kg por nivel,  
carga máxima 875 kg  
plateado

**Q369**

Código: GT-0932007

Cantidad

1

Agregar

Detalles Más Información Garantía

Estante acero uso pesado 5 niveles 148 x 70 x 30 cm 175 kg por nivel, carga máxima 875 kg plateado.

Organiza tu éxito con estantes Basic Living: tu compañero de confianza para maximizar espacio y orden. Eleva tus posibilidades, ¡transforma cada rincón en logros!. 5 Niveles. Soporta hasta 175 kg por nivel, carga máxima 875 kg. Repisas ajustables. Puede dividirse a la mitad para crear 2 mesas de trabajo. Fácil de ensamblar, no necesita tornillos...

## APÉNDICE 7: COTIZACIÓN PARA ADQUISIÓN DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO PUSH-BACK.

Alibaba.com

Productos zapatos mujer

Buscar

Entregar a: GTA

Inglés-USD

Iniciar sesión

Inscribirse

Todas las categorías Selecciones destacadas Garantía comercial Central del comprador Centro de ayuda Obtener la aplicación Conviértete en proveedor

Sistema de estanterías Push Back de Mracking a la venta Proveedor de estanterías Push Back para palés personalizables

No hay reseñas todavía

Equipo de almacenamiento Guangdong Xinmiao Co., Ltd. · Verified Fabricante personalizado · 14 años · CN



Cantidad mínima de pedido: 1 juego

**\$70.00 - \$85.00**

Variaciones

Opciones totales: 2 Especificacion... [Seleccione ahora](#)

1. Especificaciones (2)

Largo 2700 x Profundidad 800 x Alto 5000 mm

Envío

Las soluciones de envío para la cantidad seleccionada no están disponibles actualmente

Iniciar solicitud de pedido

Contactar al proveedor

¿Aún no te decides? ¡Consigue muestras primero! [Pide una muestra](#)

Protecciones para este producto

Messenger


## APÉNDICE 8: COTIZACIÓN PARA ARRENDAMIENTO DE BODEGA EN AGUILAR BATRES, ZONA 11



AGUILAR BATRES / Bodega con Sala de Ventas en renta -Venta, zona 11  
**US\$ 1,400,000** EN VENTA  
**US\$ 11,538.46** EN RENTA  
Bodega en Zona 12, Guatemala  
1,843 m<sup>2</sup>  
Asesor: Carmen Coloma

## APÉNDICE 9: COTIZACIÓN PARA ARRENDAMIENTO DE BODEGA EN CARRETERA A EL SALVADOR

Instagram  [Entrar](#) [Registrarte](#)



**portarealestate** • [Seguir](#)  
Zona Franca Autos

**portarealestate** En Venta o Alquiler | Bodega en Zona Franca, Carretera al Aeropuerto Internacional de El Salvador. 📍  
Precio de Venta: \$2,100,000 USD  
Precio de Alquiler: \$18,500 USD

Opción única de comprar una bodega dentro del régimen de Zona Franca en El Salvador.

Área de construcción:  
- 4,700 metros cuadrados de bodega  
- 200 metros cuadrados de oficinas

Área de terreno:  
- 10,050 varas cuadradas @ 1 Manzana

Estacionamiento: 25 vehículos  
Muelles de carga: 5

## APÉNDICE 10: ESCENARIO DE NO HACER NADA – COSTOS ACTUALES OPERATIVOS EN ZONA 7

ALTERNATIVA A (NO HACER NADA)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Factores de aplicación</b>						
Camiones despachados al año		3952	3952	3952	3952	3952
Pedidos preparados al año		27664	27664	27664	27664	27664
Camiones descargados al año		1352	1352	1352	1352	1352
Posiciones en estanterías disponibles		1550	1550	1550	1550	1550
Minutos para cargar 1 camión		20	20	20	20	20
Minutos para preparar 1 pedido		24	24	24	24	24
Minutos para descargar 1 camión		20	20	20	20	20
Costo por minuto		Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59
Costo por posición		Q62.53	Q62.53	Q62.53	Q62.53	Q62.53
<b>Flujo de Efectivo</b>						
<b>Ingresos</b>						
Reducción de horas necesarias por despacho						
Reducción de horas necesarias por preparación						
Tiempo ahorrado en descarga						
Incremento en capacidad almacenaje						
<b>Total ingresos</b>		Q0	Q0	Q0	Q0	Q0
<b>Egresos</b>						
Costo por cargar camiones		Q46,765	Q46,765	Q46,765	Q46,765	Q46,765
Costos por preparar pedidos		Q392,829	Q392,829	Q392,829	Q392,829	Q392,829
Costos por descargar camiones		Q15,999	Q15,999	Q15,999	Q15,999	Q15,999
Costo de almacenamiento		Q1,163,095	Q1,163,095	Q1,163,095	Q1,163,095	Q1,163,095
Mantenimiento de montacargas						
Control de calidad						
Depreciación						
Combustibles						
Capacitaciones						
<b>Total gastos</b>		Q1,618,688	Q1,618,688	Q1,618,688	Q1,618,688	Q1,618,688
Ganancia antes de impuestos		-Q1,618,688	-Q1,618,688	-Q1,618,688	-Q1,618,688	-Q1,618,688
Impuestos (25%)		-Q404,672	-Q404,672	-Q404,672	-Q404,672	-Q404,672
<b>Utilidad Neta</b>		<b>-Q1,214,016</b>	<b>-Q1,214,016</b>	<b>-Q1,214,016</b>	<b>-Q1,214,016</b>	<b>-Q1,214,016</b>
(+) Depreciaciones		Q0	Q0	Q0	Q0	Q0
Inversión Inicial						
Valor de Salvamento Montacargas						
<b>Flujo de efectivo neto</b>	<b>Q0</b>	<b>-Q1,214,016</b>	<b>-Q1,214,016</b>	<b>-Q1,214,016</b>	<b>-Q1,214,016</b>	<b>-Q1,214,016</b>
TMAR		18%				
VPN		-Q3,796,436				

## APÉNDICE 11: ESCENARIO OPTIMIZADO – COSTOS CON LA PROPUESTA IMPLEMENTADA EN ZONA 7

ALTERNATIVA B (REESTRUCTURAR LOS CDs)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Factores de aplicación</b>						
Camiones despachados al año		3952	3952	3952	3952	3952
Pedidos preparados al año		27664	27664	27664	27664	27664
Camiones descargados al año		1352	1352	1352	1352	1352
Posiciones en estanterías disponibles		2100	2100	2100	2100	2100
Minutos para cargar 1 camión		10	10	10	10	10
Minutos para preparar 1 pedido		15	15	15	15	15
Minutos para descargar 1 camión		15	15	15	15	15
Costo por minuto		Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59
Costo por posición		Q62.53	Q62.53	Q62.53	Q62.53	Q62.53
<b>Flujo de Efectivo</b>						
<b>Ingresos</b>						
Reducción de horas necesarias por despacho						
Reducción de horas necesarias por preparación						
Tiempo ahorrado en descarga						
Incremento en capacidad almacenaje						
<b>Total ingresos</b>		Q0	Q0	Q0	Q0	Q0
<b>Egresos</b>						
Costo por cargar camiones		Q23,383	Q23,383	Q23,383	Q23,383	Q23,383
Costos por preparar pedidos		Q245,518	Q245,518	Q245,518	Q245,518	Q245,518
Costos por descargar camiones		Q11,999	Q11,999	Q11,999	Q11,999	Q11,999
Costo de almacenamiento		Q750,384	Q750,384	Q750,384	Q750,384	Q750,384
Mantenimiento de montacargas		Q10,000	Q10,000	Q10,000	Q10,000	Q10,000
Control de calidad		Q12,000	Q12,000	Q12,000	Q12,000	Q12,000
Depreciación		Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291
Combustibles		Q3,600	Q3,600	Q3,600	Q3,600	Q3,600
Capacitaciones		Q3,736	Q3,736	Q3,736	Q3,736	Q3,736
<b>Total gastos</b>		Q1,359,910	Q1,359,910	Q1,359,910	Q1,359,910	Q1,359,910
Ganancia antes de impuestos		-Q1,359,910	-Q1,359,910	-Q1,359,910	-Q1,359,910	-Q1,359,910
Impuestos (25%)		-Q339,978	-Q339,978	-Q339,978	-Q339,978	-Q339,978
<b>Utilidad Neta</b>		<b>-Q1,019,933</b>	<b>-Q1,019,933</b>	<b>-Q1,019,933</b>	<b>-Q1,019,933</b>	<b>-Q1,019,933</b>
(+) Depreciaciones		Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291
Inversión Inicial		-Q1,532,456				
Valor de Salvamento Montacargas						Q36,000
<b>Flujo de efectivo neto</b>		<b>-Q1,532,456</b>	<b>-Q720,642</b>	<b>-Q720,642</b>	<b>-Q720,642</b>	<b>-Q684,642</b>
TMAR		18%				
VPN		-Q3,770,290				

## APÉNDICE 12: COMPARATIVA DE BENEFICIOS – ESTIMACIÓN DE AHORROS EN ZONA 7

COMPARA ALTERNATIVAS (B-A)	Año0	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5
<b>Factores de aplicación</b>						
Camiones despachados al año		3952	3952	3952	3952	3952
Pedidos preparados al año		27664	27664	27664	27664	27664
Camiones descargados al año		1352	1352	1352	1352	1352
Posiciones en estanterías disponibles		2100	2100	2100	2100	2100
Minutos ahorrados para cargar los camiones		39,520	39,520	39,520	39,520	39,520
Minutos ahorrados para preparar los pedidos		248,976	248,976	248,976	248,976	248,976
Minutos ahorrados para descargar los camiones		6,760	6,760	6,760	6,760	6,760
Costo por minuto		Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59
Costo por posición		Q62.53	Q62.53	Q62.53	Q62.53	Q62.53
<b>Flujo de Efectivo (B-A)</b>						
<b>Ingresos</b>						
Reducción de horas necesarias por despacho		Q23,383	Q23,383	Q23,383	Q23,383	Q23,383
Reducción de horas necesarias por preparación		Q147,311	Q147,311	Q147,311	Q147,311	Q147,311
Tiempo ahorrado en descarga		Q4,000	Q4,000	Q4,000	Q4,000	Q4,000
Incremento en capacidad almacenaje		Q412,711	Q412,711	Q412,711	Q412,711	Q412,711
<b>Total ingresos</b>		<b>Q587,404</b>	<b>Q587,404</b>	<b>Q587,404</b>	<b>Q587,404</b>	<b>Q587,404</b>
<b>Egresos</b>						
Costo por cargar camiones						
Costos por preparar pedidos						
Costos por descargar camiones						
Costo de almacenamiento						
Mantenimiento de montacargas		Q10,000	Q10,000	Q10,000	Q10,000	Q10,000
Control de calidad		Q12,000	Q12,000	Q12,000	Q12,000	Q12,000
Depreciación		Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291
Combustibles		Q3,600	Q3,600	Q3,600	Q3,600	Q3,600
Capacitaciones		Q3,736	Q3,736	Q3,736	Q3,736	Q3,736
<b>Total gastos</b>		<b>Q328,627</b>	<b>Q328,627</b>	<b>Q328,627</b>	<b>Q328,627</b>	<b>Q328,627</b>
Ganancia antes de impuestos		Q258,778	Q258,778	Q258,778	Q258,778	Q258,778
Impuestos (25%)		Q64,694	Q64,694	Q64,694	Q64,694	Q64,694
<b>Utilidad Neta</b>		<b>Q194,083</b>	<b>Q194,083</b>	<b>Q194,083</b>	<b>Q194,083</b>	<b>Q194,083</b>
(+) Depreciaciones		Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291
Inversión Inicial		-Q1,532,456				
Valor de Salvamento Montacargas						Q36,000
<b>Flujo de efectivo neto</b>		<b>-Q1,532,456</b>	<b>Q493,374</b>	<b>Q493,374</b>	<b>Q493,374</b>	<b>Q529,374</b>
TMAR		18%				
VPN		Q26,146				

## APÉNDICE 13: ESCENARIO DE NO HACER NADA – COSTOS ACTUALES OPERATIVOS EN ZONA 11

ALTERNATIVA A (NO HACER NADA)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Factores de aplicación</b>						
Camiones despachados al año		4056	4056	4056	4056	4056
Pedidos preparados al año		28392	28392	28392	28392	28392
Camiones descargados al año		1352	1352	1352	1352	1352
Posiciones en estanterías disponibles		1810	1810	1809	1809	1809
Minutos para cargar 1 camión		20	20	20	20	20
Minutos para preparar 1 pedido		24	24	24	24	24
Minutos para descargar 1 camión		20	20	20	20	20
Costo por minuto		Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59
Costo por posición		Q62.53	Q62.53	Q62.53	Q62.53	Q62.53
<b>Flujo de Efectivo</b>						
<b>Ingresos</b>						
Reducción de horas necesarias por despacho						
Reducción de horas necesarias por preparación						
Tiempo ahorrado en descarga						
Incremento en capacidad almacenaje						
<b>Total ingresos</b>		Q0	Q0	Q0	Q0	Q0
<b>Egresos</b>						
Costo por cargar camiones		Q47,996	Q47,996	Q47,996	Q47,996	Q47,996
Costos por preparar pedidos		Q403,166	Q403,166	Q403,166	Q403,166	Q403,166
Costos por descargar camiones		Q15,999	Q15,999	Q15,999	Q15,999	Q15,999
Costo de almacenamiento		Q1,358,195	Q1,358,195	Q1,357,445	Q1,357,445	Q1,357,445
Mantenimiento de montacargas						
Control de calidad						
Depreciación						
Combustibles						
Capacitaciones						
<b>Total gastos</b>		Q1,825,356	Q1,825,356	Q1,824,606	Q1,824,606	Q1,824,606
Ganancia antes de impuestos		-Q1,825,356	-Q1,825,356	-Q1,824,606	-Q1,824,606	-Q1,824,606
Impuestos (25%)		-Q456,339	-Q456,339	-Q456,151	-Q456,151	-Q456,151
<b>Utilidad Neta</b>		<b>-Q1,369,017</b>	<b>-Q1,369,017</b>	<b>-Q1,368,454</b>	<b>-Q1,368,454</b>	<b>-Q1,368,454</b>
(+) Depreciaciones		Q0	Q0	Q0	Q0	Q0
Inversión Inicial						
Valor de Salvamento Montacargas						
<b>Flujo de efectivo neto</b>	<b>Q0</b>	<b>-Q1,369,017</b>	<b>-Q1,369,017</b>	<b>-Q1,368,454</b>	<b>-Q1,368,454</b>	<b>-Q1,368,454</b>
TMAR		18%				
VPN		-Q4,280,272				

## APÉNDICE 14: ESCENARIO OPTIMIZADO – COSTOS CON LA PROPUESTA IMPLEMENTADA EN ZONA 11

ALTERNATIVA B (REESTRUCTURAR LOS CDs)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Factores de aplicación</b>						
Camiones despachados al año		4056	4056	4056	4056	4056
Pedidos preparados al año		28392	28392	28392	28392	28392
Camiones descargados al año		1352	1352	1352	1352	1352
Posiciones en estanterías disponibles		2400	2400	2400	2400	2400
Minutos para cargar 1 camión		10	10	10	10	10
Minutos para preparar 1 pedido		15	15	15	15	15
Minutos para descargar 1 camión		15	15	15	15	15
Costo por minuto		Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59
Costo por posición		Q62.53	Q62.53	Q62.53	Q62.53	Q62.53
<b>Flujo de Efectivo</b>						
<b>Ingresos</b>						
Reducción de horas necesarias por despacho						
Reducción de horas necesarias por preparación						
Tiempo ahorrado en descarga						
Incremento en capacidad almacenaje						
<b>Total ingresos</b>		Q0	Q0	Q0	Q0	Q0
<b>Egresos</b>						
Costo por cargar camiones		Q23,998	Q23,998	Q23,998	Q23,998	Q23,998
Costos por preparar pedidos		Q251,979	Q251,979	Q251,979	Q251,979	Q251,979
Costos por descargar camiones		Q11,999	Q11,999	Q11,999	Q11,999	Q11,999
Costo de almacenamiento		Q915,468	Q915,468	Q913,968	Q913,968	Q913,968
Mantenimiento de montacargas		Q10,000	Q10,000	Q10,000	Q10,000	Q10,000
Control de calidad		Q12,000	Q12,000	Q12,000	Q12,000	Q12,000
Depreciación		Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291
Combustibles		Q3,600	Q3,600	Q3,600	Q3,600	Q3,600
Capacitaciones		Q3,736	Q3,736	Q3,736	Q3,736	Q3,736
<b>Total gastos</b>		Q1,532,071	Q1,532,071	Q1,530,571	Q1,530,571	Q1,530,571
Ganancia antes de impuestos		-Q1,532,071	-Q1,532,071	-Q1,530,571	-Q1,530,571	-Q1,530,571
Impuestos (25%)		-Q383,018	-Q383,018	-Q382,643	-Q382,643	-Q382,643
<b>Utilidad Neta</b>		-Q1,149,053	-Q1,149,053	-Q1,147,928	-Q1,147,928	-Q1,147,928
(+) Depreciaciones		Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291
Inversión Inicial		-Q1,532,456				
Valor de Salvamento Montacargas						Q36,000
<b>Flujo de efectivo neto</b>		-Q1,532,456	-Q849,762	-Q849,762	-Q848,637	-Q812,637
TMAR				18%		
VPN		-Q4,172,314				

## APÉNDICE 15: COMPARATIVA DE BENEFICIOS – ESTIMACIÓN DE AHORROS EN ZONA 11

COMPARA ALTERNATIVAS (B-A)	Año0	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5
<b>Factores de aplicación</b>						
Camiones despachados al año		4056	4056	4056	4056	4056
Pedidos preparados al año		28392	28392	28392	28392	28392
Camiones descargados a laño		1352	1352	1352	1352	1352
Posiciones en estanterías disponibles		2400	2400	2400	2400	2400
Minutos ahorrados para cargar los camiones		40,560	40,560	40,560	40,560	40,560
Minutos ahorrados para preparar los pedidos		255,528	255,528	255,528	255,528	255,528
Minutos ahorrados para descargar los camiones		6,760	6,760	6,760	6,760	6,760
Costo por minuto		Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59
Costo por posición		Q62.53	Q62.53	Q62.53	Q62.53	Q62.53
<b>Flujo de Efectivo (B-A)</b>						
<b>Ingresos</b>						
Reducción de horas necesarias por despacho		Q23,998	Q23,998	Q23,998	Q23,998	Q23,998
Reducción de horas necesarias por preparación		Q151,187	Q151,187	Q151,187	Q151,187	Q151,187
Tiempo ahorrado en descarga		Q4,000	Q4,000	Q4,000	Q4,000	Q4,000
Incremento en capacidad almacenaje		Q442,727	Q442,727	Q443,477	Q443,477	Q443,477
<b>Total ingresos</b>		<b>Q621,912</b>	<b>Q621,912</b>	<b>Q622,662</b>	<b>Q622,662</b>	<b>Q622,662</b>
<b>Egresos</b>						
Costo por cargar camiones						
Costos por preparar pedidos						
Costos por descargar camiones						
Costo de almacenamiento						
Mantenimiento de montacargas		Q10,000	Q10,000	Q10,000	Q10,000	Q10,000
Control de calidad		Q12,000	Q12,000	Q12,000	Q12,000	Q12,000
Depreciación		Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291
Combustibles		Q3,600	Q3,600	Q3,600	Q3,600	Q3,600
Capacitaciones		Q3,736	Q3,736	Q3,736	Q3,736	Q3,736
<b>Total gastos</b>		<b>Q328,627</b>	<b>Q328,627</b>	<b>Q328,627</b>	<b>Q328,627</b>	<b>Q328,627</b>
Ganancia antes de impuestos		Q293,285	Q293,285	Q294,035	Q294,035	Q294,035
Impuestos (25%)		Q73,321	Q73,321	Q73,509	Q73,509	Q73,509
<b>Utilidad Neta</b>		<b>Q219,964</b>	<b>Q219,964</b>	<b>Q220,526</b>	<b>Q220,526</b>	<b>Q220,526</b>
(+) Depreciaciones		Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291
Inversión Inicial		-Q1,532,456				
Valor de Salvamento Montacargas						Q36,000
<b>Flujo de efectivo neto</b>		<b>-Q1,532,456</b>	<b>Q519,255</b>	<b>Q519,255</b>	<b>Q519,818</b>	<b>Q555,818</b>
TMAR		18%				
VPN		Q107,957				

## APÉNDICE 16: ESCENARIO DE NO HACER NADA – COSTOS ACTUALES OPERATIVOS EN CARRETERA A EL SALVADOR

ALTERNATIVA A (NO HACER NADA)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Factores de aplicación</b>						
Camiones despachados al año		4680	4680	4680	4680	4680
Pedidos preparados al año		37440	37440	37440	37440	37440
Camiones descargados al año		1820	1820	1820	1820	1820
Posiciones en estanterías disponibles		3841	3841	3841	3841	3841
Minutos para cargar 1 camión		20	20	20	20	20
Minutos para preparar 1 pedido		24	24	24	24	24
Minutos para descargar 1 camión		20	20	20	20	20
Costo por minuto		Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59
Costo por posición		Q62.53	Q62.53	Q62.53	Q62.53	Q62.53
<b>Flujo de Efectivo</b>						
<b>Ingresos</b>						
Reducción de horas necesarias por despacho						
Reducción de horas necesarias por preparación						
Tiempo ahorrado en descarga						
Incremento en capacidad almacenaje						
<b>Total ingresos</b>		Q0	Q0	Q0	Q0	Q0
<b>Egresos</b>						
Costo por cargar camiones		Q55,380	Q55,380	Q55,380	Q55,380	Q55,380
Costos por preparar pedidos		Q531,648	Q531,648	Q531,648	Q531,648	Q531,648
Costos por descargar camiones		Q21,537	Q21,537	Q21,537	Q21,537	Q21,537
Costo de almacenamiento		Q2,882,225	Q2,882,225	Q2,882,225	Q2,882,225	Q2,882,225
Mantenimiento de montacargas						
Control de calidad						
Depreciación						
Combustibles						
Capacitaciones						
<b>Total gastos</b>		Q3,490,790	Q3,490,790	Q3,490,790	Q3,490,790	Q3,490,790
Ganancia antes de impuestos		-Q3,490,790	-Q3,490,790	-Q3,490,790	-Q3,490,790	-Q3,490,790
Impuestos (25%)		-Q872,697	-Q872,697	-Q872,697	-Q872,697	-Q872,697
<b>Utilidad Neta</b>		-Q2,618,092	-Q2,618,092	-Q2,618,092	-Q2,618,092	-Q2,618,092
(+) Depreciaciones		Q0	Q0	Q0	Q0	Q0
Inversión Inicial						
Valor de Salvamento Montacargas						
<b>Flujo de efectivo neto</b>	<b>Q0</b>	<b>-Q2,618,092</b>	<b>-Q2,618,092</b>	<b>-Q2,618,092</b>	<b>-Q2,618,092</b>	<b>-Q2,618,092</b>
TMAR		18%				
VPN		-Q8,187,222				

## APÉNDICE 17: ESCENARIO OPTIMIZADO – COSTOS CON LA PROPUESTA IMPLEMENTADA EN CARRETERA A EL SALVADOR

ALTERNATIVA B (REESTRUCTURAR LOS CDs)	Año0	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5
<b>Factores de aplicación</b>						
Camiones despachados al año		4680	4680	4680	4680	4680
Pedidos preparados al año		37440	37440	37440	37440	37440
Camiones descargados al año		1820	1820	1820	1820	1820
Posiciones en estanterías disponibles		4000	4000	4000	4000	4000
Minutos para cargar 1 camión		10	10	10	10	10
Minutos para preparar 1 pedido		15	15	15	15	15
Minutos para descargar 1 camión		15	15	15	15	15
Costo por minuto		Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59
Costo por posición		Q62.53	Q62.53	Q62.53	Q62.53	Q62.53
<b>Flujo de Efectivo</b>						
<b>Ingresos</b>						
Reducción de horas necesarias por despacho						
Reducción de horas necesarias por preparación						
Tiempo ahorrado en descarga						
Incremento en capacidad al almacenaje						
<b>Total ingresos</b>		Q0	Q0	Q0	Q0	Q0
<b>Egresos</b>						
Costo por cargar camiones		Q27,690	Q27,690	Q27,690	Q27,690	Q27,690
Costos por preparar pedidos		Q332,280	Q332,280	Q332,280	Q332,280	Q332,280
Costos por descargar camiones		Q16,153	Q16,153	Q16,153	Q16,153	Q16,153
Costo de almacenamiento		Q2,762,914	Q2,762,914	Q2,762,914	Q2,762,914	Q2,762,914
Mantenimiento de montacargas		Q10,000	Q10,000	Q10,000	Q10,000	Q10,000
Control de calidad		Q12,000	Q12,000	Q12,000	Q12,000	Q12,000
Depreciación		Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291
Combustibles		Q3,600	Q3,600	Q3,600	Q3,600	Q3,600
Capacitaciones		Q3,736	Q3,736	Q3,736	Q3,736	Q3,736
<b>Total gastos</b>		Q3,467,663	Q3,467,663	Q3,467,663	Q3,467,663	Q3,467,663
Ganancia antes de impuestos		-Q3,467,663	-Q3,467,663	-Q3,467,663	-Q3,467,663	-Q3,467,663
Impuestos (25%)		-Q866,916	-Q866,916	-Q866,916	-Q866,916	-Q866,916
<b>Utilidad Neta</b>		-Q2,600,747	-Q2,600,747	-Q2,600,747	-Q2,600,747	-Q2,600,747
(+) Depreciaciones		Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291
Inversión Inicial	-Q1,532,456					
Valor de Salvamento Montacargas						Q36,000
<b>Flujo de efectivo neto</b>	<b>-Q1,532,456</b>	<b>-Q2,301,456</b>	<b>-Q2,301,456</b>	<b>-Q2,301,456</b>	<b>-Q2,301,456</b>	<b>-Q2,265,456</b>
TMAR	18%					
VPN	-Q8,713,767					

## APÉNDICE 18: COMPARATIVA DE BENEFICIOS – ESTIMACIÓN DE AHORROS EN CARRETERA A EL SALVADOR

COMPARA ALTERNATIVAS (B-A)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Factores de aplicación</b>						
Camiones despachados al año		3952	3952	3952	3952	3952
Pedidos preparados al año		27664	27664	27664	27664	27664
Camiones descargados al año		1352	1352	1352	1352	1352
Posiciones en estanterías disponibles		2100	2100	2100	2100	2100
Minutos ahorrados para cargar los camiones		39,520	39,520	39,520	39,520	39,520
Minutos ahorrados para preparar los pedidos		248,976	248,976	248,976	248,976	248,976
Minutos ahorrados para descargar los camiones		6,760	6,760	6,760	6,760	6,760
Costo por minuto		Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59	Q0.59
Costo por posición		Q62.53	Q62.53	Q62.53	Q62.53	Q62.53
<b>Flujo de Efectivo (B-A)</b>						
<b>Ingresos</b>						
Reducción de horas necesarias por despacho		Q27,690	Q27,690	Q27,690	Q27,690	Q27,690
Reducción de horas necesarias por preparación		Q199,368	Q199,368	Q199,368	Q199,368	Q199,368
Tiempo ahorrado en descarga		Q5,384	Q5,384	Q5,384	Q5,384	Q5,384
Incremento en capacidad almacenaje		Q119,311	Q119,311	Q119,311	Q119,311	Q119,311
<b>Total ingresos</b>		<b>Q351,753</b>	<b>Q351,753</b>	<b>Q351,753</b>	<b>Q351,753</b>	<b>Q351,753</b>
<b>Egresos</b>						
Costo por cargar camiones						
Costos por preparar pedidos						
Costos por descargar camiones						
Costo de almacenamiento						
Mantenimiento de montacargas		Q10,000	Q10,000	Q10,000	Q10,000	Q10,000
Control de calidad		Q12,000	Q12,000	Q12,000	Q12,000	Q12,000
Depreciación		Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291
Combustibles		Q3,600	Q3,600	Q3,600	Q3,600	Q3,600
Capacitaciones		Q3,736	Q3,736	Q3,736	Q3,736	Q3,736
<b>Total gastos</b>		<b>Q328,627</b>	<b>Q328,627</b>	<b>Q328,627</b>	<b>Q328,627</b>	<b>Q328,627</b>
Ganancia antes de impuestos		Q23,126	Q23,126	Q23,126	Q23,126	Q23,126
Impuestos (25%)		Q5,782	Q5,782	Q5,782	Q5,782	Q5,782
<b>Utilidad Neta</b>		<b>Q17,345</b>	<b>Q17,345</b>	<b>Q17,345</b>	<b>Q17,345</b>	<b>Q17,345</b>
(+) Depreciaciones		Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291	Q299,291
Inversión Inicial		-Q1,532,456				
Valor de Salvamento Montacargas						Q36,000
<b>Flujo de efectivo neto</b>		<b>-Q1,532,456</b>	<b>Q316,636</b>	<b>Q316,636</b>	<b>Q316,636</b>	<b>Q352,636</b>
TMAR		18%				
VPN		-Q526,545				