

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

Optimización de Ocupación de Ubicaciones de Almacenamiento en
Bodega Central

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Ronny Daniel Simbaña Naula

Alfonso Vicente Moreno Pincay

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a:

Dios, por ser la luz que ilumina mi sendero, desde que me levanto hasta el momento en que me acuesto.

A mis padres que siempre han estado para mí en los buenos y malos momentos, en mis aciertos y desaciertos, en mis lamentos y alegrías, en fin, dedico este trabajo para ellos, ya que son parte fundamental de mi crecimiento humano y profesional.

A mi hermano mayor Xavier, por las risas y el buen ánimo que me ha brindado durante estos años de vida, aunque él todavía no ha obtenido un título de tercer nivel, siento que este logro es compartido por todo el valor sentimental que tiene haber estado mucho tiempo con él.

A mi hermano mayor Jaime, que, a pesar de sus defectos y errores repetitivos, siempre ha estado para aconsejarme para bien, sobre todo me sugirió seguir una ingeniería, y bueno, no me arrepiento de haber seguido su consejo.

A mis profesores de formación secundaria, en especial al ingeniero Roberto Real, que me preparó para dar el gran paso a la universidad.

Ronny Simbaña

Le dedico el presente proyecto a:

Dios, por brindarme salud, voluntad y la predisposición para poder salir adelante en ámbitos personales, laborales y académicos.

Mi mamá, por ser el pilar fundamental en mi vida, la cual guía cada uno de mis pasos, y me brinda su apoyo ante momentos de adversidades.

Mis hermanos, quienes siempre me han apoyado y aconsejado ante cualquier decisión, formando parte vital de mi vida.

Mis sobrinos, que son la luz de mi vida y me brindan felicidad ante cualquier situación adversa.

Alfonso Moreno

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar gracias a:

Dios, por la salud y estabilidad socioemocional que me ha brindado durante toda mi carrera. Él es testigo, de los sacrificios que he hecho para llegar a cumplir las metas que me he propuesto.

Mi patrono, el Señor de Burgos, por llenarme de bendiciones, salud y por ser intercesor directo con Dios a través de la oración, para agradecer todo lo bueno y malo que he tenido que vivir.

Mis padres Jaime y Nelly, por darme la oportunidad de seguir mis estudios en una universidad que me limitaba a solo estudiar, ya que ellos me apoyaron incondicionalmente en cualquier petición económica o social que yo hubiera tenido.

A mi compañero de proyecto y amigo Alfonso Moreno, por el apoyo mutuo que hemos tenido desde el principio de la carrera.

A mi profesor del proyecto integrador Kleber Barcia, por su inmensa colaboración y retroalimentación en los avances que hemos presentado. Su forma de hacernos hincapié en los errores y defectos de nuestras presentaciones, es única y digna de admirar.

Ronny Simbaña

Le agradezco a:

Mi familia, por brindarme apoyo y confiar en mis capacidades desde el inicio de la carrera.

Mis amigos del ciclo básico, por todos los momentos académicos y personales compartidos juntos, haciendo de la universidad una de las mejores etapas de mi vida.

Mis compañeros de carrera, quienes me han ayudado y apoyado cuando lo he necesitado, a Ronny por su apoyo en la realización del presente proyecto.

Todos mis maestros, por compartir su conocimiento con la mejor predisposición a lo largo de todos los períodos académicos, en especial al Dr. Kleber por guiarnos en la realización del proyecto integrador.

Alfonso Moreno

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Ronny Daniel Simbaña Naula y Alfonso Vicente Moreno Pincay y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Ronny Daniel
Simbaña Naula



Alfonso Vicente
Moreno Pincay

EVALUADORES

Marco Buestán B. Ph.D.

PROFESOR DE LA MATERIA

Kleber Barcia V. Ph.D.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Los centros de distribución se enfrentan a diferentes situaciones y problemas que afectan a la gestión de la cadena de suministro y es debido en gran parte a que no almacenan correctamente sus productos. Los problemas de falta de espacio incurren a expansiones o adquisición de recursos innecesariamente, lo cual solo genera más costos y aumenta la subutilización del espacio. Es por ello, que se debe realizar un ajuste a la metodología de trabajo o layout de la bodega para determinar si es posible mejorar o no la capacidad de almacenamiento. Para este proyecto, se estableció un indicador llamado ocupación el cual mide la relación del volumen almacenado con el disponible para almacenar. Se tomó información del sistema de la empresa para tener un registro diario de los volúmenes entrantes y almacenados con el fin de conocer el nivel de ocupación actual de la bodega. Ante esta situación, se definió implementar ubicaciones de stock de medio pallet para aquellas zonas de la bodega que contuvieran considerablemente, una altura de producto en pallet menor a 0.7 metros. Como resultado se obtuvo un aumento de la ocupación del 10%, adicional a ello, se redujo el espacio subutilizado de almacenamiento en 2 634 m³. En definitiva, la implementación de estas ubicaciones de stock de medio pallet, es un gran acierto, ya que permite no solo mejorar la ocupación, sino que también permite obtener un mayor espacio para almacenar, evitando con ello, una posible expansión del centro de distribución.

Palabras Clave: Ocupación, Espacio Subutilizado, ubicaciones de stock, centro de distribución, Volumen

ABSTRACT

Distribution centers face different situations and problems that affect supply chain management, mainly because they do not store their products correctly. Lack of space issues incurs unnecessary expansion or resource acquisition, which only creates costs and increases space underutilization. For this reason, an adjustment must be made to the warehouse's work methodology or layout to determine whether it is possible to improve the storage capacity. For this project, an indicator called occupancy was established, which measures the relationship between the volume stored and the volume available for storage. Information was taken from the company's system to have a daily record of the incoming and stored volumes in order to know the warehouse's current level of occupation. Given this situation, it was decided to implement half-pallet stock locations for those areas of the warehouse that considerably contained a product height on a pallet of less than 0.7 meters. As a result, an increase in occupancy of 10% was obtained; the underutilized storage space was reduced by 2,634 m³. In short, the implementation of these half-pallet stock locations is a great success since it allows not only to improve occupancy but also to obtain more storage space, thereby avoiding a possible expansion of the distribution center.

Keywords: *Occupancy, Underutilized Space, stock break, distribution center, Volume*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema	2
1.1.1 Alcance.....	2
1.1.2 Restricciones	3
1.2 Justificación del problema	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Marco teórico	4
1.4.1 DMADV.....	4
1.4.1 Voz del cliente	6
1.4.3 Despliegue de la Función y Calidad (QFD).....	6
1.4.4 Centro de distribución	6
1.4.5 Ubicación.....	6
1.4.6 Ocupación	6
1.4.7 Almacenamiento	7
1.4.8 Almacenamiento Drive-in.....	7

CAPÍTULO 2	8
2. Metodología.....	8
2.1 Definición	8
2.1.1 VOC.....	8
2.1.2 Función de despliegue de la calidad (QFD)	10
2.2 Medición.....	14
2.2.1 Plan de recopilación de datos	15
2.2.2 Recolección de datos de las variables	19
2.3 Análisis.....	25
2.3.1 Situación Actual	25
2.3.2 Opciones de diseño	26
2.3.3 Análisis Financiero.....	35
2.3.4 Matriz de Prioridad-Pugh	40
2.3.5 Selección de propuesta de solución.....	41
CAPÍTULO 3	42
3. Resultados y análisis	42
3.1 Propuesta de solución	42
3.2 Simulación.....	48
3.3 Resultados finales	51
3.4 Costos de implementación	51
CAPÍTULO 4	54
4. Conclusiones y recomendaciones	54
4.1 Pilares de Sostenibilidad	54
4.1 Conclusiones.....	54
4.2 Recomendaciones.....	55
BIBLIOGRAFÍA	
APÉNDICES	

ABREVIATURAS

CD Centro de Distribución

QFD Quality Functional Deployment

VOC Voice of Customer

SKU Stock Keeping Unit

WMS Warehouse Management System

VAN Valor Actual Neto

SIMBOLOGÍA

Cm	Centímetro
Kg	Kilogramo
h	Horas
m	Metro
m ³	Metro cúbico
\$	dólar
%	Porcentaje

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Evaluación de competidores	11
Figura 2.2 Matriz de correlación	12
Figura 2.3 Matriz de requerimientos del cliente y funcionales.....	13
Figura 2.4 Toma de muestras	18
Figura 2.5 Toma de muestras	19
Figura 2.6 Ejecución del modelo de programación.....	27
Figura 2.7 Histograma y Polígono de Frecuencias	29
Figura 2.8 Estanterías de picking de pallet completo	30
Figura 2.9 Estanterías de picking de ½ pallet.....	30
Figura 2.10 Estanterías de stock con mercadería de picking de ½ pallet	31
Figura 2.11 Gráfica de control del número de ubicaciones de ½ pallet.....	32
Figura 2.12 Gaveta amarilla	33
Figura 2.13 Gaveta azul	34
Figura 2.14 Diagrama de barras del Volumen actual vs propuesto	35
Figura 3.1 Rack actual	42
Figura 3.2 Rack Propuesto.....	43
Figura 3.3 Rack Propuesto Completo.....	43
Figura 3.4 Diagrama de Pareto	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Ponderación de los requerimientos del cliente.....	10
Tabla 2.2 Requerimientos Funcionales	11
Tabla 2.3 Tipo de correlación	12
Tabla 2.4 Tipo de relaciones	13
Tabla 2.5 Muestreo de base y piso de los SKU's	17
Tabla 2.6 Muestreo de volumetría de los SKU's.....	18
Tabla 2.7 Registro diario del volumen y pallets recibidos	19
Tabla 2.8 Registro mensual del volumen y pallets recibidos.....	20
Tabla 2.9 Registro diario del volumen y el número de ubicaciones ocupadas	21
Tabla 2.10 Registro diario del volumen y el número de pallets ocupados	21
Tabla 2.11 Registro diario del volumen y el número de pallets ocupados	22
Tabla 2.12 Registro diario del volumen, número de embalajes y peso por SKU's	22
Tabla 2.13 Registro mensual del volumen, número de embalajes y peso por SKU's ...	23
Tabla 2.14 Picking de SKU's	24
Tabla 2.15 % de Ocupación	25
Tabla 2.16 Piso actual vs Piso nuevo.....	28
Tabla 2.17 Frecuencias de la altura nueva de los productos en pallet.....	28
Tabla 2.18 Número de ½ pallets ocupados diariamente.....	31
Tabla 2.19 Número de ½ pallets ocupados mensualmente	32
Tabla 2.20 Análisis de sensibilidad.....	33
Tabla 2.21 Volumen actual vs propuesto.....	34
Tabla 2.22 Flujo de caja de la situación actual	35
Tabla 2.23 Costo por mover vigas.....	36
Tabla 2.24 Costo por mover y almacenar mercadería	36
Tabla 2.25 Inversión Inicial Opción 1.....	36
Tabla 2.26 Flujo de caja de la opción 1	37
Tabla 2.27 Costo por instalar pares de vigas	37
Tabla 2.28 Costo por comprar vigas y reposicionar mercadería.....	37
Tabla 2.29 Inversión Inicial Opción 2.....	38
Tabla 2.30 Flujo de caja de la opción 2	38
Tabla 2.31 Costo por compra de gavetas.....	39
Tabla 2.32 Costo por almacenar la mercadería en el pallet.....	39

Tabla 2.33 Inversión Inicial Opción 3.....	39
Tabla 2.34 Flujo de caja de la opción 3	40
Tabla 2.34 Matriz de Prioridad-Pugh	41
Tabla 2.35 Matriz de selección de diseño.....	41
Tabla 3.1 Tipos de ubicaciones y pallets	44
Tabla 3.2 Tipos de zonas	44
Tabla 3.3 Tabla de frecuencia	45
Tabla 3.4 Tabla de frecuencia	46
Tabla 3.5 Cantidad de racks tomados del modelo	47
Tabla 3.6 Información estratificada por zonas	48
Tabla 3.7 Simulación Situación Actual	49
Tabla 3.8 Simulación Situación Propuesta	49
Tabla 3.9 Conclusiones Finales de la Propuesta.....	50
Tabla 3.10 Resultados Finales de la Propuesta	51
Tabla 3.11 Simulación de Casos Específicos	52
Tabla 3.12 Simulación de Casos Específicos	53
Tabla 3.13 Flujo de caja de la solución	53

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las empresas Retail combaten con la necesidad de poder aumentar su nivel de servicio sin recurrir a elevar sus diferentes costos, ya sean estos de almacenamiento, transporte u otro tipo de costo asociado con la intralogística empresarial. Uno de los principales problemas de estas compañías es no poder contar con el suficiente espacio para almacenar toda su gama de productos que tienen en stock, ya que, en muchos de los casos, se ven en la obligación de expandir su bodega, solicitar otro almacén, comprar más racks, entre otras opciones que involucrarían grandes inversiones a corto plazo; sin embargo, hay soluciones que pueden ser más eficaces y económicas, y que tienen que ver con aumentar el % de utilización de los racks, con la productividad del operario o con una configuración óptima del sistema que permita aprovechar de mejor manera la capacidad de la bodega.

El presente proyecto es llevado a cabo en la cadena Retail más conocida a nivel nacional, la cual tiene más de 60 años brindando productos de calidad, de una alta variedad y a un costo accesible para las familias ecuatorianas. El análisis se centra justamente en su centro de distribución nacional en donde se almacenan los miles de artículos que diariamente esta empresa distribuye a las distintas partes del país. Esta compañía busca una solución que permita contar con una capacidad de almacenamiento disponible ante un aumento de la demanda en los próximos años.

Por medio de la metodología DMADV, se busca establecer un rediseño en el sistema de almacenamiento de los productos, con la finalidad de aumentar la capacidad de la bodega teniendo en consideración las diferentes limitantes, especificaciones de diseño y requerimientos que los clientes claves desean obtener como resultado final de este proyecto.

1.1 Descripción del problema

Según proyecciones de ventas realizadas para los próximos años y con el aumento de locales que esto implica, en primera instancia, se plantea una posible expansión del centro de distribución con el propósito de albergar este crecimiento de la demanda. Sin embargo, estudios recientes realizados por personal operativo y administrativo del área de logística revelan que existe una significativa tasa de desocupación de mercadería en las ubicaciones de los racks en la bodega de "No refrigerados", lo cual, en caso de llegar a disminuirse este porcentaje, lo más probable es que ya no se requiera de una futura expansión, ya que haciendo buen uso de la capacidad instalada se puede solventar el aumento de la demanda de los años venideros.

1.1.1 Alcance

Con la finalidad de centrar el análisis en el área afectada sin tomar en consideración muchas variables y limitantes poco significativas, se decidió establecer el siguiente alcance.

Tabla 1.1 Alcance del proyecto

[Elaboración propia]

Centros de Distribución	Tipo de bodega	Ubicaciones	Tipos de ubicaciones de stock
Nacional	No Refrigerados	Picking	Simple
Regional	Refrigerados	Stock	Doble
			Drive in

Como se puede observar en la tabla 1.1 el proyecto se enfoca en el Centro de Distribución Nacional (CDN) debido al ser este, el almacén en donde se consolida la mayor cantidad de productos y por ser, el mayor proveedor de las tiendas y locales de esta cadena Retail. El tipo de bodega seleccionado es para los artículos "No Refrigerados" o también llamado área de secos, ya que en el área de refrigerados en donde se sitúan productos con fecha de vencimiento muy corta tales como las legumbres, frutas y proteínas, no existe como tal, un problema de desocupación, ya que

utilizan el Cross Docking como una alternativa para enviar rápidamente los productos a su lugar de destino, sin tener que pasar previamente por una estantería o picking.

Se estableció el tipo de ubicación de "Stock", ya que los productos entrantes llegan con una unidad de embalaje definida y en muchos de los casos viene ya paletizado, por lo cual se establece una ubicación en los racks para cada uno de ellos, hasta el momento que sean requeridos en el área de picking o las playas de salida. No se consideró las ubicaciones de picking debido a que, por la alta rotación, la participación constante en las olas de despacho y al ser tan volátil a cambios en la demanda influiría en un análisis más extenso y complicado que no generaría un mayor cambio, sin embargo, albergando el análisis en las ubicaciones de stock de forma simultánea se vería afectada las ubicaciones de picking. Finalmente, se considera los 3 tipos de ubicaciones de stock: simple (de 1 pallet), doble (2 pallets) y drive in (2pallets de profundidad y 5 ubicaciones de altura).

1.1.2 Restricciones

En este proyecto se detectan algunas limitantes que se deben tomar a consideración en la etapa de análisis y al momento de considerar una posible solución:

- Peso que soportan los racks: el peso máximo de almacenamiento que puede soportar la viga de la estantería de almacenaje por pallet almacenado es de 1000 kg.
- Peso que soportan los equipos: el peso máximo de elevación del montacargas, para pallets simples es de 1300 kg y para dobles de 750 kg/pallet.
- Apilamiento máximo: Número de pisos máximos de apilamiento en base a la descripción de las cajas de SKU's.
- Política: Aprobación de las direcciones involucradas.
- Aprovechar la capacidad instalada: no implique expansiones en la infraestructura de CD.

1.2 Justificación del problema

Los centros de distribución son eslabones importantes en la cadena de suministro de una empresa, ya que es el lugar en donde se consolida la mayor parte de los productos obtenidos de los proveedores y empresas participantes, para posterior a ello, ser entregados a los minoristas, locales o directamente al cliente final. Los CD cumplen con

3 funciones principales: recibir mercadería (generalmente paletizada), almacenarla hasta que se la requiera y prepararla para su entrega a su lugar de destino. Todas estas actividades antes mencionadas requieren movimientos tanto del personal como de la maquinaria, lo que significa un incremento en los costos. Por otra parte, el problema de no saber en donde almacenar más mercadería debido al incremento de la demanda, hacen que gran parte de las empresas opten por expandir su CD o en conseguir otro espacio para albergar sus productos, sin embargo, gran parte de las soluciones van encaminadas a que no se utiliza adecuadamente la capacidad instalada.

Es por ello, que este proyecto tiene la finalidad de realizar un análisis de ocupación de los racks para poder llegar a soluciones que no involucren necesariamente a la expansión del CD, la compra de más estanterías o afectar a la productividad del operario.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Mejorar la ocupación de las ubicaciones de stock en la bodega de no refrigerados del Centro de Distribución Nacional a través de un diseño que permita abarcar los requerimientos del departamento logístico, reduciendo con ello, la subutilización en la bodega.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Establecer las especificaciones de diseño mediante los hallazgos obtenidos utilizando la herramienta del VOC.
2. Analizar la información recopilada para el desarrollo del diseño.
3. Utilizar herramientas tecnológicas de diseño y simulación validando posibles soluciones.
4. Realizar un análisis de escenarios seleccionando la mejor solución posible.
5. Cumplir con las métricas de sostenibilidad en sus ámbitos social, ambiental y económico.

1.4 Marco teórico

1.4.1 DMADV

Las empresas que requieren diseñar o rediseñar sus productos, servicios o procesos en lugar de mejorar los existentes y que además esperan alcanzar un nivel Seis Sigma, ven

a la metodología DMADV como una alternativa eficaz para cumplir con este objetivo (Gómez & Barrera, 2011).

Esta herramienta tiene 5 etapas que se las presenta a continuación:

Definir:

El fin de esta etapa es la de obtener los requerimientos del cliente, identificando las funciones del producto/servicio y estableciendo sus especificaciones de diseño. El primer paso está enfocado en el desarrollo del QFD y de un análisis útil para la gestión de la calidad.

Medir:

Este paso es de suma importancia ya que permite evaluar las características del producto/servicio que garanticen la satisfacción del cliente. Estas características se definen por medio de matrices de interrelación QFD. Finalmente, se hace la recolección de datos en conjunto con su confiabilidad, por medio de una herramienta estadística o método de observación.

Analizar:

En esta fase, se realiza un análisis de evaluación competitiva (BM) y Top/Flop (TF), lo que ayuda a evaluar el diseño de productos/servicios competitivos semejantes.

Diseñar:

El objetivo de esta etapa es crear conceptos de diseño asistido por algoritmos computacionales a través de los datos recopilados en fases anteriores. Además, se debe cumplir con los requerimientos funcionales y estéticos definidos en el QFD.

Validar:

Finalmente, se comprueba si el producto/servicio cumple con las especificaciones de diseño y requerimientos de cliente definidos en el QFD. Temporalmente, los prototipos se vuelven a revisar y probar para verificar que se esté cumpliendo con las características de diseño de acuerdo al plan de implementación.

1.4.2 Voz del cliente

Es un conjunto de necesidades, requerimientos y deseos que el cliente espera del producto/servicio expresado en un lenguaje coloquial. A su vez, el consumidor tiene la potestad de priorizarlos de acuerdo a su importancia, desempeño y expectativa (Griffin & Hauser, 1993).

1.4.3 Despliegue de la Función y Calidad (QFD)

El QFD es un proceso que se utiliza para entender las necesidades del cliente (expresados en un lenguaje coloquial) y, traducir sus expectativas y anhelos en parámetros técnicos que permitan realizar el diseño de algún producto, servicio o sistema (Gómez, Vilar, & Tejero, 2003).

1.4.4 Centro de Distribución

El centro de distribución es un eslabón importante en la cadena de suministro. En este espacio se reciben la mercadería de los proveedores, se almacenan durante un tiempo predeterminado, se reorganizan y reempaquetan para, finalmente, distribuirlos a los clientes. Existen varios movimientos dentro del centro de distribución, uno de ellos es el transporte de paquetes de productos entre los distintos pasillos, según lo requieran para la preparación de los pedidos. Estos movimientos pueden generar gastos innecesarios y mermar la productividad del operario. Por ello, se busca una forma eficiente de llevar a cabo el proceso de almacenamiento, selección y distribución, de tal manera que el flujo de movimientos dentro del almacén sea mínimo y en lo posible mecanizado. Este criterio no sólo se ha convertido en un objetivo deseable de alcanzar, sino en un paradigma vital para la competitividad de las empresas hoy en día (Mata, 2012).

1.4.5 Ubicación

Espacio disponible del rack para almacenar mercadería, generalmente se la recibe paletizada (Retail, 2018).

1.4.6 Ocupación

Relación entre el volumen almacenado en pallet con el volumen de la ubicación (Retail, 2018).

1.4.7 Almacenamiento

Almacenamiento consiste en colocar la mercancía dentro de una zona del almacén destinada para el depósito y conservación del producto hasta su requerimiento. Su distribución y organización va ligada básicamente de dos factores: la manera de colocar los artículos y la utilización del espacio disponible (Escudero, 2014).

1.4.8 Almacenamiento Drive-in

Es un tipo de almacenamiento compacto que optimiza al máximo el espacio disponible, quitando los pasillos entre los racks. Almacena una cantidad importante de productos (comúnmente en pallets) en ubicaciones de doble profundidad (López, 2006).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó la metodología DMAVD, debido a que, lo que se busca como principal objetivo es aumentar la ocupación de las ubicaciones de los racks a través de un diseño/rediseño del centro de distribución. Esta técnica tiene 5 etapas, las cuales se llevaron a cabo utilizando diferentes herramientas estadísticas, visuales, de simulación y diseño.

2.1 Definición

Esta etapa es la base del proyecto integrador ya que se recopilan las necesidades del cliente que van ligadas a los requerimientos funcionales que tiene el sistema de almacenamiento actual del centro de distribución para posterior a ello, establecer especificaciones de diseño que permitan definir e implementar soluciones viables.

2.1.1 VOC

Se utilizó la herramienta de The Voice of Customer (VOC) para recolectar las necesidades del cliente, sobre todo del personal involucrado directamente en la actividad, tanto de forma operativa como administrativa. Se utilizó la entrevista como un medio para obtener información del director logístico, de la gerente del CD, de la Controller logística y del analista de slotting, este último como parte representativa de los operarios. Estas 4 personas resaltaron la problemática existente, unos ya definían sus principales requerimientos, otros comentaron acerca de algunas restricciones existentes y de posibles soluciones que se podrían establecer. Los principales comentarios adquiridos se presentan a continuación:

Director Logístico

- Uso exclusivo de equipos del CD (coches y montacargas).
- Uso único de infraestructura de almacenamiento instalada (racks).
- No conlleve problemas de averías con los productos.
- No involucre expansiones en la infraestructura del CD.
- Ahorro en costos de almacenamiento.
- Uso óptimo de la infraestructura instalada.

- Procesos de almacenamiento óptimo.

Gerente CD

- Mejorar la productividad del operador.
- Método versátil aplicable en el tiempo.
- Mejora en la subutilización de las ubicaciones.
- Plan de reserva cercano a las ubicaciones de picking.
- Uso óptimo de la capacidad instalada.
- No conlleve problemas de averías de los productos.
- Que las reposiciones sigan un orden establecido.
- Clasificación de zonas y pasillos en base a la rotación de los SKU's.

Controller Logístico

- No involucre expansiones en la infraestructura del CD.
- Uso único de infraestructura de almacenamiento instalada (racks).
- Mejora en la subutilización de las ubicaciones.
- Disminución de los tiempos de reposición de mercadería a las ubicaciones de picking.
- Uso óptimo de la capacidad instalada.

Analista de Slotting

- Asignación ideal de los SKU's según sus características a los distintos tipos de ubicaciones.
- Uso exclusivo de equipos del CD (coches y montacargas).
- No conlleve problemas de averías con los productos.
- Cantidad óptima en compra de SKU's.
- Uso óptimo de la capacidad instalada.
- Uso único de infraestructura de almacenamiento instalada (racks).
- Reducir los bultos movidos en el almacenamiento de mercadería en las ubicaciones de stock.

Como se pudo observar algunas necesidades se repiten, mientras que otras se complementan entre ellas mismas. Es por ello, que se decidió realizar un filtro para establecer requerimientos que no sean repetitivos en ideas y redacción, y que, a su vez

tuvieran un lenguaje más técnico y formal en comparación a lo hallado en las entrevistas y observaciones. Los 5 requisitos del cliente se presentan a continuación:

- Aumentar la ocupación de las ubicaciones de stock.
- Preservar la calidad del producto.
- Concentre la mercancía en menos pallets.
- Disminuir los tiempos de reposición de mercadería a los lugares de picking.
- Reducir los bultos (pallet) movidos para el almacenaje de mercancías.

2.1.2 Función de despliegue de la calidad (QFD)

Priorización de requerimientos

Se estableció una ponderación de las necesidades de acuerdo a la prioridad que tenían las personas entrevistadas en el VOC. Se realizó una encuesta en donde se detalló los requerimientos establecidos y sobre la puntuación que podrían llevar cada uno de ellos, el resultado se presenta en la tabla 2.1

Tabla 2.1 Ponderación de los requerimientos del cliente

[Elaboración propia]

Requerimientos	Prioridad
Aumentar la ocupación de las ubicaciones de stock	9
Preservar la calidad del producto.	8
Concentre la mercancía en menos pallets	7
Disminuir los tiempos de reposición de mercadería a los lugares de picking	6
Reducir los bultos (pallet) movidos para el almacenaje de mercancías	5

Evaluación de competidores

Se realizó la comparación respectiva entre la empresa Retail con relación a 2 instituciones del mismo sector comercial, una extranjera y otra nacional. Este análisis se lo llevó a cabo para verificar en qué tanto cumplen los requisitos del cliente la competencia seleccionada. La escala está desde un desempeño malo hasta uno excelente. En la figura 2.1 se muestra con mayor detalle los resultados finales de esta comparación.

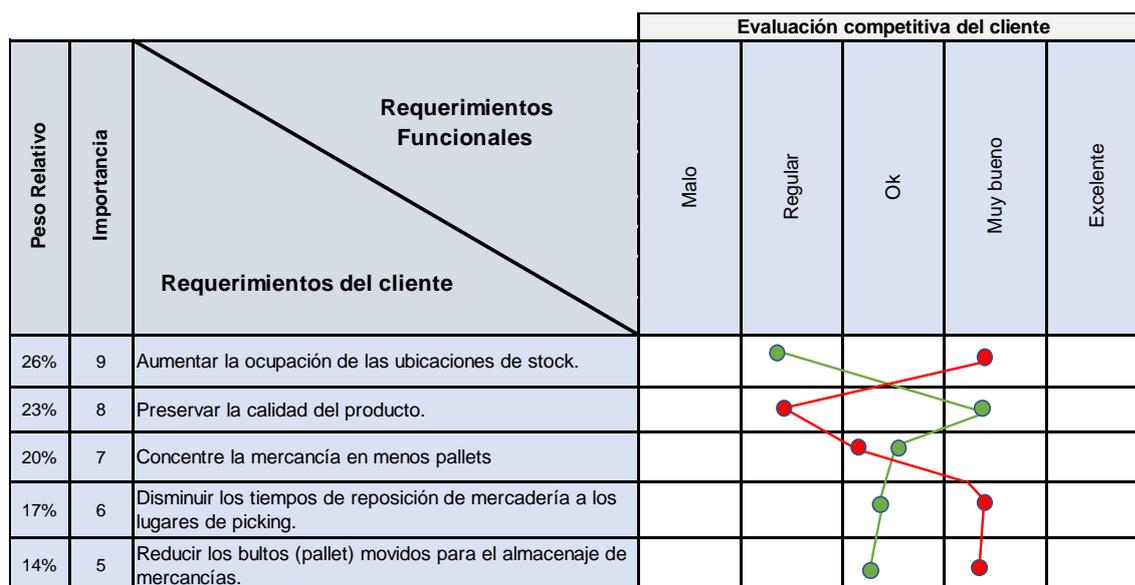


Figura 2.1 Evaluación de competidores

[Elaboración propia]

Requerimientos Funcionales

Estos requerimientos funcionales propuestos en la tabla 2.2 satisfacen a al menos un requerimiento del cliente.

Tabla 2.2 Requerimientos Funcionales

[Elaboración propia]

N°	Requerimientos Funcionales
1	Distancia máxima entre ubicaciones de stock con las de picking < 8.40 m
2	Aumentar el número de pisos en los SKU's con problemas de apilamiento
3	60% volumen de la ubicación < Volumen mínimo de producto en pallet < 95% volumen de la ubicación
4	Incrementar el 5% de la ocupación de almacenamiento en SKU's frágiles
5	Definir el embalaje de almacenamiento secundario según el tipo de producto.
6	Consolide la mercancía en zonas y corredores en función de la rotación de productos. (A=80%) (B=15%) (C=5%)
7	Aumentar el número de ubicaciones de almacenamiento.

Matriz de correlación

Esta matriz se utilizó para saber la correlación existente entre cada uno de los requerimientos funcionales. Si la relación es directa significa que tiene una correlación

positiva, caso contrario es inversa para correlaciones negativas. En caso de no existir ningún tipo de relación entre los requerimientos, se deja un espacio vacío. En la tabla 2.3 se detalla el signo representativo por cada relación, y en la figura 2.2 se muestra el resultado final de la matriz.

Tabla 2.3 Tipo de correlación

[Elaboración propia]

CORRELACIÓN	
Positivo	+
Negativo	-
No correlación	vacío

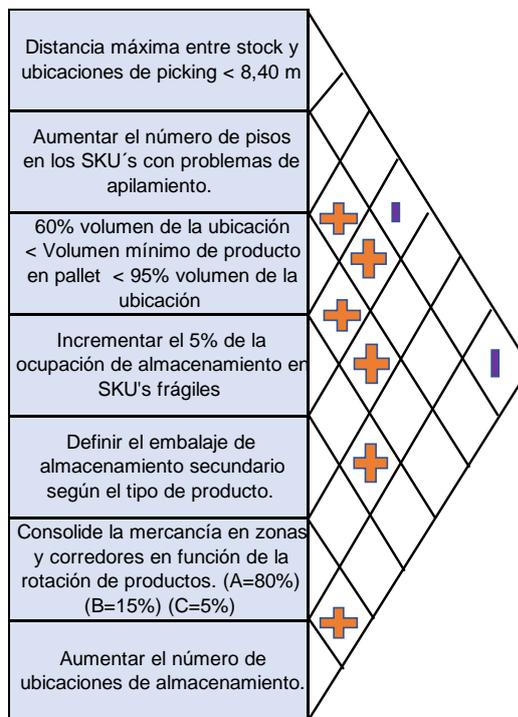


Figura 2.2 Matriz de correlación

[Elaboración propia]

Relación entre requerimientos del cliente y funcionales

En la tabla 2.4 se detalla el tipo de relación que existe entre el requerimiento del cliente con respecto a una característica funcional. Se utilizó una puntuación a partir de una escala logarítmica en donde para una relación fuerte se la representa numéricamente como un 9 y simbólicamente como un círculo pintado.

Tabla 2.4 Tipo de relaciones

[Elaboración propia]

Relación		
Tipo de relación	Símbolo	Valor numérico
Fuerte		9
Moderado		3
Débil		1
No Relación	Vacío	0

El detalle completo de este análisis se lo presenta en la figura 2.3

Requerimientos del cliente \ Requerimientos Funcionales	Distancia máxima entre stock y ubicaciones de picking < 8,40 m	Aumentar el número de pisos en los SKU's con problemas de apilamiento.	60% volumen de la ubicación < Volumen mínimo de producto en pallet < 95% volumen de la ubicación	Incrementar el 5% de la ocupación de almacenamiento en SKU's frágiles	Definir el embalaje de almacenamiento secundario según el tipo de producto.	Consolide la mercancía en zonas y corredores en función de la rotación de productos. (A=80%) (B=15%) (C=5%)	Aumentar el número de ubicaciones de almacenamiento.
Aumentar la ocupación de las ubicaciones de stock.							
Preservar la calidad del producto.							
Concentre la mercancía en menos pallets							
Disminuir los tiempos de reposición de mercadería a los lugares de picking.							
Reducir los bultos (pallet) movidos para el almacenaje de mercancías.							
Clasificación de importancia técnica	59	197	213	189	99	87	144
Peso relativo	6%	20%	22%	19%	10%	9%	15%

Figura 2.3 Matriz de requerimientos del cliente y funcionales

[Elaboración propia]

El objetivo de llenar esta matriz de relación fue para definir las especificaciones de diseño, las cuales van a ser utilizadas en el momento de establecer una posible opción de diseño. Las sombreadas en amarillo son los requerimientos seleccionados ya que, por su alto valor, producto de la alta relación con las necesidades del cliente, fueron elegidas como especificaciones de diseño. El QFD final se evidencia en el apéndice A.

Especificaciones de diseño

Del análisis anterior, se muestran las especificaciones de diseño.

1. Aumentar el número de pisos en los SKU's con problemas de apilamiento.
2. 60% volumen de la ubicación < Volumen mínimo de producto en pallet < 95% volumen de la ubicación.
3. Incrementar el 5% de la ocupación de almacenamiento en SKU's frágiles.
4. Aumentar el número de ubicaciones de almacenamiento.

Declaración de oportunidad

Como parte final de la primera etapa se realizó una declaración de oportunidad considerando los actores involucrados, la necesidad y las posibles herramientas de solución.

“El departamento logístico de la cadena Retail desea mejorar la ocupación de las ubicaciones de almacenamiento para disminuir la subutilización de la bodega de no refrigerados del Centro de Distribución Nacional, todo esto a través de un análisis de escenarios que permita evaluar la opción más conveniente para las partes interesadas”.

2.2 Medición

En esta etapa se elaboró un plan de recolección de datos a partir de variables de medición, y se comprobó su confiabilidad a partir de herramientas estadísticas y de observación que sustentan la información levantada.

2.2.1 Plan de recopilación de datos

A partir de las especificaciones de diseño y revisión de literatura previa se definieron las siguientes variables, las cuales se detallaron en un plan de recopilación de datos. Cada una de ellas, respondieron las siguientes preguntas: ¿Qué? ¿Cuándo? ¿Dónde? ¿Cómo? ¿Por qué?, que tuvieron que ver con el tipo de data a levantarse, los métodos de observación y recolección, los responsables, entre otras.

- X1. Volumen de recepción de mercancías (m³)
- X2. Volumen de mercancías almacenadas (m³)
- X3. Volumen de despacho de mercancías (m³)
- X4. Número de picadas (picking) por SKU's
- X5. Número de pallets recibidos
- X6. Número de pallets almacenados
- X7. Base y Piso de pallet por SKU's
- X8. Volumetría de embalaje de SKU's
- X9. Peso de los SKU's

Este plan de recolección se encuentra en el apéndice B.

Confiabilidad de los datos

Esta empresa Retail cuenta con un sistema de gestión de almacenes (WMS) que es el encargado de ofrecer una visión más panorámica de todo el inventario que tiene la compañía y a su vez, gestiona todas las operaciones logísticas de la cadena de suministro, partiendo desde el centro de distribución donde se consolida la mercadería hasta la estantería de la tienda.

Este software cuenta con toda la base de datos de las variables de medición antes mencionadas, lo cual facilitó de cierta manera la obtención de la información.

Sin embargo, la data, aunque provenga de un sistema, puede llegar a tener ciertos errores o desbalances, por lo cual se decidió realizar un análisis muestral para corroborar que la información tenga un alto porcentaje de confiabilidad. Se procedió a encontrar el número de muestras a partir de la ecuación 2.1.

El análisis muestral se lo realizó a 2 variables:

- (X7) Base y Piso de pallet por SKU's: Su análisis de confiabilidad verificó directamente la validez de las variables del número de pallets (X5, X6)
- (X8) Volumetría del embalaje del SKU's: Su análisis de confiabilidad verificó directamente la validez de las variables de volumen (X1, X2, X3)

Donde:

Z: número de desviaciones estándar que una determinada proporción se aleja de la media (nivel de confianza del 90 %)

p: proporción de población con características de estudio

1-p: proporción de población sin características de estudio

N: tamaño de la población

e: error permitido

$$n = \frac{\frac{Z^2 * p(1 - p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{Z^2 * p(1 - p)}{e^2 * N}\right)} \quad (2.1)$$

Datos:

Z=1.28

p=0.7

1-p=0.3

N = 1542 (SKU's almacenados el 27/06/2022)

e= 10%

$$n = \frac{\frac{(1.28)^2 * 0.7(1 - 0.7)}{0.1^2}}{1 + \left(\frac{(1.28)^2 * 0.7(1 - 0.7)}{0.1^2 * 1542}\right)} = 33.6564 \approx 34 \text{ SKU's}$$

Se visitó el centro de distribución y se anotaron los datos de base y piso de la n seleccionada. Se realizó la tabla 2.5 para comparar los datos obtenidos del sistema frente a los tomados en el muestreo de datos. Se estableció un error porcentual para corroborar si existían o no inconsistencias en los datos.

Tabla 2.5 Muestreo de base y piso de los SKU's

[Elaboración propia]

Descripción	Ubicación	Datos del sistema		Datos muestreados		Error (%)	
		Base	Piso	Base	Piso	Base	Piso
DESINFECTANTE FABULOSO 1000 ML FLORAL	10207700	12	5	12	5	0%	0%
DESINFECTANTE FABULOSO 1000 ML LAVANDA	10313300	12	5	12	5	0%	0%
CREMA DENTAL COLGATE TRIPLE ACCION 75 ML X 3	10810900	11	7	11	7	0%	0%
ATUN LOMITOS EN ACEITE VAN CAMP'S 184 G A/F X 8	11004500	11	8	11	8	0%	0%
SARDINAS EN SALSA DE TOMATE VAN CAMP'S 425 G A/F	11006100	8	9	8	9	0%	0%
ATUN TUN ACEITE GIRASOL REAL 80 G X 3 A/F	11006200	14	8	14	8	0%	0%

Como resultado final, se obtuvo que los datos situados en el sistema son confiables para análisis posteriores que involucren el rediseño de la bodega de secos. La tabla completa se encuentra en el apéndice C.

Para la variable X8, se realizó un proceso similar al anterior, en donde se tomó los valores de volumetría con la ayuda de una cinta métrica y un cuaderno de anotaciones. Una parte de los resultados obtenidos se encuentran en la tabla 2.6 en donde se detallan los SKU's con la data del sistema y la muestreada. Se utilizó un porcentaje de error para verificar si la información tomada del WMS es confiable o no. Como resultado final, se concluye que los datos no presentan mayores cambios y que está lista para ser considerada en próximos análisis. La tabla completa se encuentra en el apéndice D.

Tabla 2.6 Muestreo de volumetría de los SKU's

[Elaboración propia]

Descripción	Ubicación	Datos del sistema (cm)			Datos muestreados (cm)			Error (%)		
		Largo	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto
DESINFECTANTE FABULOSO 1000 ML FLORAL	10207700	30	26	27	29.5	25.8	26.9	1.7%	0.8%	0.4%
DESINFECTANTE FABULOSO 1000 ML LAVANDA	10313300	31	27	27	30.0	25.8	27.1	3.3%	4.7%	0.4%
CREMA DENTAL COLGATE TRIPLE ACCION 75 ML X 3	10810900	35	27	20	34.8	26.6	20.1	0.6%	1.7%	0.4%
ATUN LOMITOS EN ACEITE VAN CAMP'S 184 G A/F X 8	11004500	35	26	16	34.9	26.1	16.2	0.4%	0.2%	1.2%
SARDINAS EN SALSA DE TOMATE VAN CAMP'S 425 G A/F	11006100	45	33	12	44.6	33.0	12.1	1.0%	0.0%	0.8%
ATUN TUN ACEITE GIRASOL REAL 80 G X 3 A/F	11006200	35	22	15	34.5	22.0	14.9	1.4%	0.0%	0.7%
ATUN LOMITOS EN ACEITE GIRASOL ISABEL 80 G X 3 A/F	11006600	36	22	15	34.3	20.9	15.0	5.1%	5.5%	0.0%

Para la variable X9 que es la del peso de los SKU's se utilizó la herramienta de observación GEMBA, en donde se consideró una prueba piloto de 10 SKU's de diferentes zonas de despacho, para corroborar que la información considerada en el sistema sea factible para un análisis estadístico. Como resultado se verificó que los datos son confiables debido al porcentaje de error mínimo entre la información del sistema con la calculada.

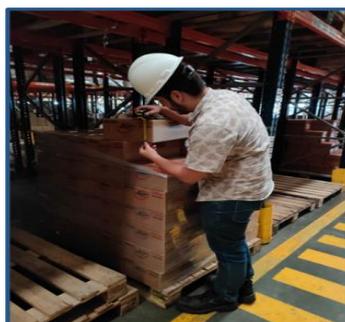


Figura 2.4 Toma de muestras

[Elaboración propia]

Finalmente, para la variable X4 que es el número de picadas por SKU's, se utilizó de la misma manera la técnica GEMBA. Para este caso, se siguió el recorrido de un despachador donde se validó que el pedido que recogía de los pallets era lo mismo que el sistema le designaba.



Figura 2.5 Toma de muestras

[Elaboración propia]

2.2.2 Recolección de datos de las variables

Para X1: Volumen de recepción de mercancías (m³) y X5: Número de pallets recibidos, a través de la reportería del WMS (Warehouse Management System), se descargó de manera periódica el volumen y pallet de recepción de la mercadería, donde cada línea representa un día de información. En la tabla 2.7 se muestra la data recopilada por esas 2 variables.

Tabla 2.7 Registro diario del volumen y pallets recibidos

[Elaboración propia]

MES	DÍA	TOTAL RECIBIDO				
		TICKETS	SKU	EMBALAJES	VOLUMEN	PALLET
1	03/01/2022	16	41	11,583	261	227
1	04/01/2022	43	159	36,127	729	842
1	05/01/2022	117	453	45,024	1,217	1,371
1	06/01/2022	96	386	21,602	657	669
1	07/01/2022	114	392	37,007	836	919
1	08/01/2022	68	229	23,208	648	713
1	10/01/2022	77	311	42,450	945	894
1	11/01/2022	101	394	46,696	1,314	9,369
1	12/01/2022	93	373	33,145	656	833

1	13/01/2022	112	436	42,149	944	1,006
1	14/01/2022	111	403	33,173	891	966
1	15/01/2022	78	222	17,484	613	617
1	17/01/2022	67	297	23,169	652	665
1	18/01/2022	108	361	35,851	987	979
1	19/01/2022	111	439	26,062	824	930
1	20/01/2022	114	413	25,258	645	749
1	21/01/2022	122	446	29,117	687	817
1	22/01/2022	79	244	26,691	717	724
1	24/01/2022	94	393	31,961	841	1,061
1	25/01/2022	102	391	48,876	1,131	1,062
1	26/01/2022	140	522	53,756	1,270	1,331
1	27/01/2022	137	511	46,217	1,004	1,155
1	28/01/2022	126	496	48,648	1,360	1,279
1	29/01/2022	101	400	51,871	1,271	1,233
1	31/01/2022	110	487	49,411	1,160	1,210
2	01/02/2022	69	241	26,713	831	740
2	02/02/2022	102	416	35,160	1,062	1,133
2	03/02/2022	118	455	34,177	780	932
2	04/02/2022	104	403	23,779	671	807
2	05/02/2022	106	391	43,006	883	949

En la tabla 2.8 se observa la información acumulada por el primer semestre del año 2022.

Tabla 2.8 Registro mensual del volumen y pallets recibidos

[Elaboración propia]

MES	TOTAL RECIBIDO				
	TICKETS	SKU	EMBALAJES	VOLUMEN	PALLET
1	2,437	9,199	886,536	22,257	31,621
2	2,622	10,107	1,030,387	25,869	26,502
3	3,263	11,874	1,295,627	32,356	33,343
4	3,287	11,853	1,254,380	29,556	31,233
5	3,341	12,537	1,528,968	34,725	35,250
6	2,068	7,096	924,341	22,410	21,887

Para las variables X2: Volumen de mercancías almacenadas (m³) y X6: Pallets almacenados, se descargó un reporte diario, en donde se observa la cantidad de ubicaciones de stock simple y dobles ocupadas y disponibles; de igual forma se observa el volumen de mercadería utilizada y disponible. El reporte está detallado en la tabla 2.9.

Tabla 2.9 Registro diario del volumen y el número de ubicaciones ocupadas

[Elaboración propia]

Tipo	31/03/2022					
	Número de ubicaciones			Volumen		
	Total	Ocupado	Disponible	v-total	v-disponible	v-ocupado
STOCK_DOBLE_ALT	9.62	7.072	2.548	21.356	11.756	9.6
STOCK_SIMPLE	9.158	7.855	1.303	20.331	12.213	8.118
STOCK_SIMPLE_ALT	2.677	2.097	580	5.943	3.702	2.241
Total Stock	21.455	17.024	4.431	47.63	27.671	19.959

Esta información del volumen y el número de pallets es agregada diariamente a una base de datos. En la tabla 2.10 se realizó un detalle de los datos registrados por cada día.

Tabla 2.10 Registro diario del volumen y el número de pallets ocupados

[Elaboración propia]

FECHA	VOLUMEN		# PALLET	
	OCUPADO	DISPONIBLE	OCUPADO	DISPONIBLE
01/03/2022	18,014	29,616	15,144	6,311
02/03/2022	17,811	29,819	14,931	6,524
03/03/2022	17,593	30,037	14,775	6,680
04/03/2022	17,997	29,633	15,146	6,309
05/03/2022	18,006	29,624	15,202	6,253
06/03/2022	18,212	29,418	15,375	6,080
07/03/2022	17,599	30,032	14,814	6,641
08/03/2022	21,616	26,014	14,984	6,471
09/03/2022	17,926	29,704	15,182	6,273
10/03/2022	18,330	29,300	15,455	6,000
11/03/2022	18,499	29,131	15,630	5,825
12/03/2022	18,479	29,151	15,644	5,811
13/03/2022	18,352	29,278	15,540	5,915
14/03/2022	17,598	30,032	14,837	6,618
15/03/2022	18,009	29,621	15,124	6,331
16/03/2022	18,813	28,817	15,732	5,723
17/03/2022	19,077	28,553	16,021	5,434
18/03/2022	19,393	28,237	16,273	5,182
19/03/2022	19,419	28,211	16,388	5,067
20/03/2022	19,622	28,008	16,606	4,849
21/03/2022	18,927	28,703	15,938	5,517

Después de eso, se sacó un resumen acumulado por mes de cada variable descrita con la finalidad de mostrarla de forma general. La tabla 2.11 presenta ese resumen.

Tabla 2.11 Registro diario del volumen y el número de pallets ocupados

[Elaboración propia]

MES	VOLUMEN		# PALLET	
	OCUPADO	DISPONIBLE	OCUPADO	DISPONIBLE
1	616,453	860,125	503,740	161,385
2	514,995	818,648	430,526	174,104
3	903,905	1,382,340	760,588	269,252
4	249,961	369,230	211,028	68,698
5	567,496	909,037	475,161	189,944
6	588,180	745,463	492,204	108,536

Para la variable X3: Volumen de despacho de mercancías (m³), la forma de recopilar la información es similar a la variable X1, ya que lo primero que se realizó fue descargar una base histórica, en donde cada línea representa un día. La tabla 2.12 muestra esa recopilación.

Tabla 2.12 Registro diario del volumen, número de embalajes y peso por SKU's

[Elaboración propia]

MES	DÍA	# PERSONAS	SKU	EMBALAJES	VOLUMEN	PESO
1	02/01/2022	64	40,312	61,121	1,144	423,167
1	03/01/2022	59	27,717	37,910	748	276,985
1	04/01/2022	41	17,530	26,310	514	188,521
1	05/01/2022	37	16,122	25,278	488	183,394
1	06/01/2022	33	16,007	27,034	475	181,057
1	07/01/2022	44	31,552	46,898	750	286,201
1	08/01/2022	55	40,647	62,947	1,014	375,818
1	09/01/2022	51	34,494	54,214	967	365,379
1	10/01/2022	40	22,781	45,988	827	312,778
1	11/01/2022	42	23,151	44,393	825	331,402
1	12/01/2022	44	23,230	41,638	787	329,069
1	13/01/2022	45	22,273	41,781	789	309,175
1	14/01/2022	39	23,566	43,749	770	299,236
1	15/01/2022	41	23,303	37,455	678	264,240
1	16/01/2022	44	23,028	35,525	662	256,915
1	17/01/2022	44	24,947	43,318	810	305,812
1	18/01/2022	42	20,254	32,913	643	254,467
1	19/01/2022	37	22,146	35,401	647	262,886
1	20/01/2022	42	21,254	43,809	776	296,551
1	21/01/2022	47	26,383	62,812	895	388,439
1	22/01/2022	40	20,497	35,846	659	252,069

1	23/01/2022	42	23,753	39,949	723	287,745
1	24/01/2022	42	23,021	41,902	741	284,306
1	25/01/2022	42	24,531	45,297	814	322,132
1	26/01/2022	42	23,513	40,600	798	334,854
1	27/01/2022	41	21,021	36,154	722	467,235
1	28/01/2022	39	19,772	31,361	603	398,424
1	29/01/2022	40	19,036	30,724	591	341,924
1	30/01/2022	42	25,397	39,911	762	332,281

En la siguiente tabla 2.13 se da a conocer un resumen mensual del volumen despachado y el peso del SKU's desocupado.

Tabla 2.13 Registro mensual del volumen, número de embalajes y peso por SKU's

[Elaboración propia]

MES	EMBALAJES	VOLUMEN	PESO
1	1,232,647	22,373	9,259,864
2	1,260,028	22,834	9,648,523
3	1,326,249	24,147	9,802,121
4	1,591,278	25,540	10,465,743
5	1,860,436	28,428	11,591,873
6	1,058,157	18,176	7,299,191

Para la variable X4: Número de picadas (picking) por SKU's, que representa el número de veces que el operario va a una ubicación, coge un producto y pica el código de barras. En la tabla 2.14 se presenta un detalle de los productos con su respectivo sistema picking, el número de picadas necesarios, el volumen, su respectivo peso y su stock disponible en las ubicaciones de picking.

Tabla 2.14 Picking de SKU's

[Elaboración propia]

Estadístico	Descripción	Sistema Picking Unid	Picado (Unidades)	Solicitado (Unidades)	# de cajas	UMD	Volumen	Peso (kg)	Ubicación	Stock Picking
211250000	LAPICES DE	LTC	12	12	1	10	0.00235699	0.9672	50503300	1656
212148002	CUADERNO	LTC	12	12	1	12	0.00504504	3.12	50807400	600
211017003	MARCADOR	LTC	12	12	1	18	0.00124548	0.2916	50802900	3600
210407000	JUEGO GEM	LTC	12	12	1	6	0.00472872	1.2984	50900500	2904
110723000	PLATO CUEN	LTC	18	18	1	2	0.00792756	1.737	50906500	3528
124212000	PAPEL DE ALI	LTC	24	24	1	2	0.0218295	3.1488	50909700	1584
194634000	PELOTA PLAS	LTC	12	12	1	15	0.0046611	0.888	51003700	1332
169674000	CEPILLO DEN	LTC	192	192	1	24	0.08145446	12.672	51704100	4248
169675000	CEPILLO DEN	LTC	24	24	1	24	0.00477792	0.6672	51906500	9576

Finalmente, para las variables X7, X8 y X9 se descargó un reporte por producto en donde se detalla la información por cada una de ellas. La tabla completa se encuentra en el apéndice E.

2.3 Análisis

Para esta etapa se analizó la información recopilada en la etapa anterior de Medición. Se definieron 3 opciones de diseño que están ligadas a un estudio estadístico y financiero, con la finalidad de escoger a la que mejor se ajuste a las restricciones del proyecto, a los requerimientos del cliente y a las especificaciones de diseño provenientes del QFD.

2.3.1 Situación Actual

En el centro de distribución existe un porcentaje significativo de desocupación en las ubicaciones de almacenamiento, es por ello que este proyecto antes de plantear una propuesta de diseño, debe conocer la situación actual de la bodega. Para hallar el % de ocupación actual se utilizó la siguiente ecuación 2.2.

$$\% \text{ Ocupación de ubicaciones de stock} = \frac{\text{Volumen de almacenamiento}}{\text{Volumen de las ubicaciones ocupadas}} \quad (2.2)$$

En donde previamente, se obtuvo el número de ubicaciones de almacenamiento ocupadas junto al volumen de mercadería almacenada en la bodega. Con esa información en la tabla 2.15 se detalla el % de ocupación actual estratificado por zona del CD con su respectivo total de 61%.

Tabla 2.15 % de Ocupación

[Elaboración propia]

Zona	Volumen de Ubicación	Volumen almacenado	% Ocupación
COMDIN1	130083	92014	71%
COMDIN4	80327	55957	70%
COMEST_D1	508805	328828	65%
COMEST_S1	139654	82609	59%
COMPT	373387	173652	47%
POSPT	451268	176854	39%
PYLD1	126119	87756	70%
PYLD3	433712	296458	68%

PYLDIN1	211575	158013	75%
PYLDIN3	126472	98561	78%
PYLS1	315239	207789	66%
PYLS3	557661	312947	56%
TEMP_DP	299260	210662	70%
TEMP_SP	134871	81294	60%
TOTAL	3888433	2363394	61%

2.3.2 Opciones de diseño

Opción 1: Rediseño de la dimensión de los racks de almacenamiento

En esta propuesta de diseño, se plantea redefinir la altura de las ubicaciones de los racks, la cual está destinada inicialmente con el valor de 1.70 m para el almacenamiento de mercadería.

Como se desea aumentar la ocupación de la mercadería, es necesario incrementar el volumen almacenado, es por ello, que se estableció un modelo de programación lineal que tiene como principal interés aumentar el volumen embodegado. Como la base del pallet no se tocó por las limitaciones del proyecto y la gran inversión que ameritaría una reestructuración de los racks, el número de pisos apilados fue la variable de decisión que se consideró. Al tener mas pisos apilados, la altura de producto en pallet aumenta por lo que consecuente a ello, el volumen almacenado y el % de ocupación también lo hacen.

Función Objetivo:

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^n (P_i * h_e)(A_p)(L_p) \quad (2.3)$$

Variable de decisión:

P_i: Número de pisos apilados

Parámetros

B_p: Número de embalajes por pallet

E_p: Número de unidades de embalaje

h_e: Altura del embalaje

A_p: Ancho del producto en el pallet

L_p: Longitud del producto en el pallet

Pm: Número de piso máximo de apilamiento

Restricciones

Pisos máximos de apilamiento:

$$P_i \leq P_m \quad (2.4)$$

Altura máxima de almacenamiento:

$$P_i(h_e) \leq 170 \text{ cm} \quad (2.5)$$

Peso máximo de almacenamiento:

$$P_i(B_e)(E_p) \leq 1000 \text{ kg} \quad (2.6)$$

No Negatividad:

$$P_i = \text{Int}, \forall i = 1, 2, \dots \quad (2.7)$$

Se utilizó el lenguaje de programación Python para ejecutar el modelo de optimización planteado anteriormente.

```
import pandas as pd
from ortools.linear_solver import pywraplp
solver = pywraplp.Solver.CreateSolver('SCIP')
#leyendo datos
file = pd.ExcelFile('BASECOMPLETA.XLSX')
df=file.parse('Hoja1')
df_data=df[(df['Piso']>1)&(df['Base']>1)]
#...
w_max=1000
estadistico= df_data['estadistico'].tolist()
est= df_data['estadistico'].to_frame()
desc= df_data[['estadistico', 'Descripción']].set_index('estadistico')
hi= df_data[['estadistico', 'Altura Embalaje']].set_index('estadistico')
bi= df_data[['estadistico', 'Base']].set_index('estadistico')
pi= df_data[['estadistico', 'Piso']].set_index('estadistico')
wi= df_data[['estadistico', 'Peso Embalaje']].set_index('estadistico')
piso_max= df_data[['estadistico', 'Piso_Max']].set_index('estadistico')
h_max= df_data[['estadistico', 'Alto Maximo']].set_index('estadistico')
#Piso del estadístico
u={}
for i in range(len(estadistico)):
    u[i]=solver.IntVar(0, solver.infinity(), f'u[{i}]')
for i in range(len(estadistico)):
    ## restricción de peso
    solver.Add((wi.iat[i,0]* u[i]*bi.iat[i,0])<= w_max )
    ##restricción de altura
    solver.Add((hi.iat[i,0] * u[i]) <= h_max.iat[i,0] )
#Función Objetivo
solver.Maximize(sum((u[i]*hi.iat[i,0]*100*120)/1000000 for i in range(len(estadistico))))
status = solver.Solve()
#...
#imprime soluciones
print(status)
data=[]
if status == pywraplp.Solver.OPTIMAL or status == pywraplp.Solver.FEASIBLE:
    for i in range(len(estadistico)):
        row={}
        if u[i].solution_value():
            print(f'estadístico = {est.iat[i,0]} se le asigno {u[i].solution_value()}')
            row['estadístico'] = f'{est.iat[i,0]}'
            row['descripción'] = f'{desc.iat[i,0]}'
            row['base'] = f'{bi.iat[i,0]}'
            row['piso actual'] = f'{pi.iat[i,0]}'
            row['piso máximo'] = f'{piso_max.iat[i,0]}'
            row['piso nuevo'] = f'{u[i].solution_value()}'
            row['altura embalaje'] = f'{hi.iat[i,0]}'
            row['peso embalaje'] = f'{wi.iat[i,0]}'
            row['altura de pallet'] = f'{(hi.iat[i,0] * u[i].solution_value())}'
            row['peso de pallet'] = f'{round(wi.iat[i,0]* u[i].solution_value()* bi.iat[i,0],2)}'
            row['volumen del estadístico'] = f'{u[i].solution_value() * hi.iat[i,0] * 100 * 120/1000000}'
            data.append(row)
df_excel = pd.DataFrame(data)
print(df_excel)
df_excel.to_excel('max_piso.xlsx')
```

Figura 2.6 Ejecución del modelo de programación

[Elaboración propia]

Los resultados del modelo se muestran en la siguiente tabla 2.16, en donde alrededor de 286 SKU's mejoraron su piso de apilamiento, la mayoría aumentó su número actual, mientras que un pequeño porcentaje lo redujo.

Tabla 2.16 Piso actual vs Piso nuevo

[Elaboración propia]

Descripción	Base	Piso Actual	Piso Nuevo
Desinfectante Olimpia 1 800 ml eucalipto silvestre	15	4	5
Jabón p/lvar ropa Lava todo 240g x2 limón concentrado	17	5	4
Cloro mayik 1000 ml regular	12	5	2
Lavavajilla en crema Axion 235	8	6	5
Cloro Tips 1000 ml original gratis desinfectante 100 ml	10	4	5
Lavavajilla en crema Axion 450g avena	6	10	11
Detergente liquido perla bebe 2L hipoalergénico	9	5	4
Lavavajilla en crema Axion 450 ml	6	10	11

Con el nuevo piso de apilamiento se calculó la nueva altura de producto en pallet. En la tabla 2.17 se presenta la tabla de frecuencias de datos agrupados en donde la frecuencia absoluta se definió por el número de SKU's que pertenecen a cada marca de clase.

Tabla 2.17 Frecuencias de la altura nueva de los productos en pallet

[Elaboración propia]

Límite inferior	Límite superior	Clase	Marca de clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa Acumulada
Altura (cm)	Altura (cm)	Altura (cm)	Xi	fi	Fi	fr	Fr
50	60	[50-60]	55	248	248	8%	8%
60	70	[60-70]	65	290	538	10%	18%
70	80	[70-80]	75	42	580	1%	19%
80	90	[80-90]	85	88	668	3%	22%
90	100	[90-100]	95	150	818	5%	27%
100	110	[100-110]	105	196	1014	6%	33%
110	120	[110-120]	115	293	1307	10%	43%
120	130	[120-130]	125	218	1525	7%	50%
130	140	[130-140]	135	360	1885	12%	62%
140	150	[140-150]	145	347	2232	11%	73%
150	160	[150-160]	155	395	2627	13%	86%
160	170	[160-170]	165	421	3048	14%	100%
TOTAL				3048		100%	

Se realizó un histograma y polígono de frecuencias para representar los datos agrupados en los diferentes rangos de altura.

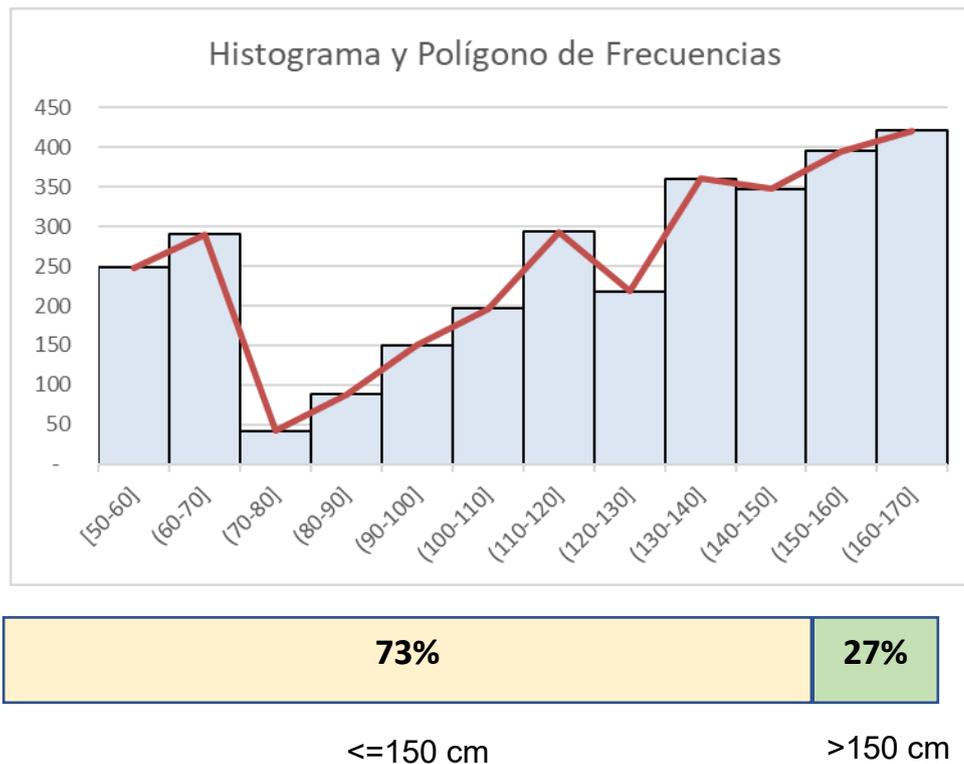


Figura 2.7 Histograma y Polígono de Frecuencias

[Elaboración propia]

Como se puede observar cerca del 75 % de los SKU's están dentro del rango de una altura igual o menor a 150 cm, mientras que el 27% supera ese intervalo de altura. Al cumplir con un alto % de aceptación, la nueva altura definida será de 150 cm no sólo porque gracias a ese cambio aumentó el volumen de mercadería almacenada, sino que también su % de ocupación. Sin embargo, se gestionó una nueva configuración de base y piso en conjunto con los proveedores de los productos que superan los 150 cm de altura.

Los resultados finales de esta opción de diseño fueron el aumento del 9% de ocupación con respecto a la situación actual, la capacidad liberada producto del aumento de ubicaciones de stock que sería de 7922 m³ y finalmente los pares de vigas movidos 10 727 de las 21454 ubicaciones de almacenamiento.

Opción 2: Diseño de ubicaciones de stock de medio pallet.

La segunda opción de diseño buscó implementar ubicaciones de medio pallet en las estanterías de stock, escenario no presentando en la actualidad. El almacenamiento de productos distribuidos en medio pallet genera una subutilización mínima del 50% en las ubicaciones de stock de los productos distribuidos en picking de medio pallet. La figura 2.8 muestra una ubicación de picking de pallet, la cual tiene de altura de almacenamiento de 1.70m.



Figura 2.8 Estanterías de picking de pallet completo

[Elaboración propia]

En la figura 2.9 se encuentran las ubicaciones de picking de medio pallet, las cuales tienen una altura de almacenamiento máximo de 0.7 m



Figura 2.9 Estanterías de picking de ½ pallet

[Elaboración propia]

Ambos pallets llegan a almacenarse en ubicaciones de stock que tienen altura de 1.70 m, lo cual genera una desocupación mínima del 50% cuando se desea almacenar medio

pallets en estas estanterías. En la figura 2.10 muestra un medio pallet almacenado en una ubicación de stock para pallet completo, se puede observar un gran porcentaje de desocupación.



Figura 2.10 Estanterías de stock con mercadería de picking de ½ pallet

[Elaboración propia]

Para este diseño lo primero que se realizó fue identificar las referencias distribuidas en picking de medio pallet, como segundo paso se recolectó el número de pallets almacenados diariamente para estos SKU's. Luego se determinó el número de ubicaciones de medio pallet ocupadas diariamente, detalladas en la tabla 2.18. Finalmente, con el historial base, se determinó la necesidad de implementar 2880 ubicaciones de medio pallet por día. En la tabla 2.19 se muestra mensualmente con valores mínimo, máximo y promedio.

Tabla 2.18 Número de ½ pallets ocupados diariamente

[Elaboración propia]

Fecha	Medio Pallet almacenado
01/01/2022	2963
02/01/2022	2963
03/01/2022	2780
04/01/2022	2710
05/01/2022	2673
06/01/2022	2762
07/01/2022	2840
08/01/2022	2857

Tabla 2.19 Número de ½ pallets ocupados mensualmente

[Elaboración propia]

Mes	Medio Pallet Almacenado		
	Mínimo	Promedio	Máximo
Enero	2628	2764	2963
Febrero	2656	2807	2919
Marzo	2658	2729	2808
Abril	2938	3124	3287
Mayo	2602	2864	3205
Junio	2828	3001	3175

En la figura 2.11 se muestran los valores mínimo y máximo con su respectiva media de 2880 ubicaciones.

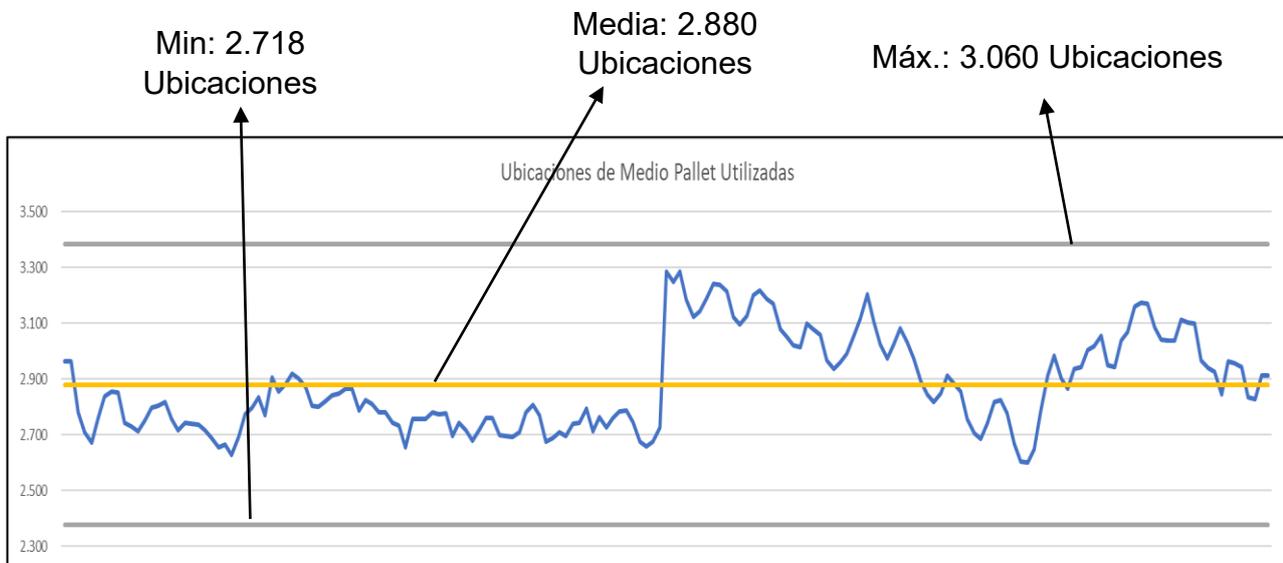


Figura 2.11 Gráfica de control del número de ubicaciones de ½ pallet

[Elaboración propia]

Dado que se obtuvo 3 escenarios posibles para aumentar el % de ocupación (valor mínimo, promedio y valor máximo), se decidió realizar un análisis de sensibilidad para detectar el de mayor resultado. En la tabla 2.20 se detalla el análisis de sensibilidad que tuvo como resultado la utilización de la media aritmética.

Tabla 2.20 Análisis de sensibilidad

[Elaboración propia]

	Actual	Min	Prom	Max
Ubicaciones de stock de medio pallet	0	2718	2880	3060
% Ocupación de las ubicaciones de stock	61%	65%	67%	67%
Análisis de sensibilidad		6%	9%	9%

Los resultados finales de esta opción de diseño fueron el aumento del 6% de ocupación con respecto a la situación actual, la capacidad liberada producto del aumento de ubicaciones de stock que sería de 2938 m³ y finalmente los pares de vigas instalados 1440 (2880 ubicaciones) de las 21454 ubicaciones de almacenamiento.

Opción 3: Implementación de unidad logística de almacenamiento para SKU's con problemas de apilamiento.

Se identificaron productos frágiles con problemas de apilamiento, por lo que se optó por cambiar la unidad de carga de almacenaje a 2 tipos de gavetas de plástico. La figura 2.12 muestra una gaveta amarilla con dimensiones (60X40X18.5) cm, la cual es idónea para almacenar productos con una altura de embalaje entre [12;18.5]cm.



Figura 2.12 Gaveta amarilla

[Elaboración propia]

Mientras que la figura 2.13 enseña una gaveta azul con dimensiones (60X40X25.5) cm, la cual llega a almacenar artículos con una altura de embalaje entre los [20;25.5]cm.



Figura 2.13 Gaveta azul

[Elaboración propia]

Luego de haber cambiado la altura de embalaje a los SKU's que cumplían con esta altura y que tenían un % de ocupación menor al 60%, se definieron nuevos pisos de apilamiento, seguidos de un aumento en la altura del producto en pallet y un incremento en el volumen almacenado. En la tabla 2.21 se detallan los volúmenes actuales, los volúmenes propuestos y su % de evolución, el cual es muy notorio con la implementación de esta unidad de almacenamiento.

Tabla 2.21 Volumen actual vs propuesto

[Elaboración propia]

Descripción	Volumen Actual m^3	Volumen Propuesto m^3	Evolución
Lavavajilla en barra Axion 300g limón	0.79	1.78	124%
Jabón líquido elements by trial 500 ml frutos rojos	1.15	1.78	54%
Lavavajilla en crema Lavatodo brillex 500 g sandía	1.15	2	73%
Jabón family 90g avena pague 5 lleve 6	1.09	1.78	63%
Lavavajilla en barra Deja 250g floral	0.89	2	125%

Para dar un mayor entendimiento del antes y después se realizó la figura 2.14 es un diagrama de barras que muestra el crecimiento del volumen de almacenamiento con la implementación de las gavetas como solución a la restricción de apilamiento.

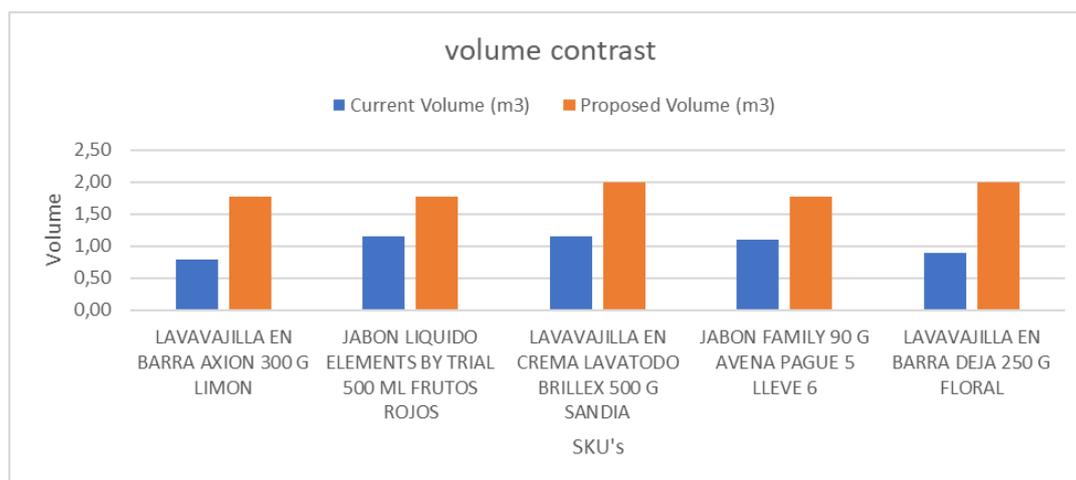


Figura 2.14 Diagrama de barras del Volumen actual vs propuesto

[Elaboración propia]

2.5.3 Análisis Financiero

Se utilizó el Valor Actual Neto (VAN) como una herramienta para verificar si un proyecto es viable o no. Se utilizó una tasa del 16% y como no hubo inversión inicial en el mes 0, la utilidad es rentable ante los costos generados mensualmente. Para la situación actual se tiene el siguiente flujo de caja mostrada en la tabla 2.22.

Tabla 2.22 Flujo de caja de la situación actual

[Elaboración propia]

Tasa de descuento	16%						
Mes	0	1	2	3	4	5	6
Inversión							
Ingresos por entrega centralizada		\$ 1,282,139	\$ 1,282,139	\$ 1,282,139	\$ 1,282,139	\$ 1,282,139	\$ 1,282,139
Costos fijos locativos		\$ 123,613	\$ 110,809	\$ 120,346	\$ 138,923	\$ 109,944	\$ 141,053
Costos fijos personal		\$ 152,383	\$ 154,666	\$ 150,825	\$ 155,225	\$ 157,930	\$ 155,458
Costos internos fijos		\$ 5,166	\$ 6,165	\$ 12,466	\$ 6,655	\$ 5,899	\$ 3,817
Costos fijos de Ventas		\$ 2,248	\$ 1,293	\$ 4,535	\$ 2,407	\$ 3,521	\$ 5,679
Costo Total Fijo		\$ 283,410.00	\$ 272,932.17	\$ 288,172.32	\$ 303,209.62	\$ 277,294.45	\$ 306,007.59
Costos variables personal		\$ 365,215	\$ 348,997	\$ 355,088	\$ 365,317	\$ 388,162	\$ 370,115
Costos internos variables		\$ 13,566	\$ 29,068	\$ 19,443	\$ 29,450	\$ 30,021	\$ 27,659
Costos variables de Ventas		\$ 32,474	\$ 37,134	\$ 42,410	\$ 43,029	\$ 48,881	\$ 46,250
Costo Total Variable		\$ 411,255.20	\$ 415,199.38	\$ 416,940.86	\$ 437,795.73	\$ 467,062.98	\$ 444,024.58
Depreciaciones		\$ 65,180	\$ 65,180	\$ 65,286	\$ 49,643	\$ 48,090	\$ 47,923
Seguros		\$ 19,794	\$ 19,828	\$ 19,828	\$ 19,828	\$ 19,828	\$ 19,566
Costos Totales		\$ 779,639.49	\$ 773,140.03	\$ 790,227.54	\$ 810,476.44	\$ 812,275.93	\$ 817,520.78
Utilidad sin impuestos		\$ 502,499.94	\$ 508,999.40	\$ 491,911.89	\$ 471,662.99	\$ 469,863.50	\$ 464,618.65
Impuestos		-\$ 9,163	-\$ 3,181	-\$ 2,141	-\$ 1,439	-\$ 2,821	-\$ 3,631
Utilidad neta		\$ 493,337.15	\$ 505,818.04	\$ 489,770.87	\$ 470,224.29	\$ 467,042.86	\$ 460,988.02
VAN		\$ 1,786,246.15					

Para la primera opción de diseño se realizó una cotización de la inversión inicial que se debería hacer en caso de implementarse. En la tabla 2.23 se detalla el costo por realizar el movimiento de vigas.

Tabla 2.23 Costo por mover vigas

[Elaboración propia]

Actividad	Cantidad	horas trabajadas	\$/ h-h	horas hombre	Costo (\$)
Movimiento de vigas	10727	0.33	\$ 2.66	3575.67	\$ 9,497.86

En la tabla 2.24 se especifica los costos logísticos en el retiro y almacenamiento de la mercadería en los pallets.

Tabla 2.24 Costo por mover y almacenar mercadería

[Elaboración propia]

Actividad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Pallets movidos	21455	\$ 0.22	\$ 4,720.10
Pallets almacenados	21455	\$ 0.20	\$ 4,291.00
TOTAL			\$ 9,011.10

Finalmente, se tiene una tabla resumen 2.25 de todos los costos involucrados en la primera opción de diseño.

Tabla 2.25 Inversión Inicial Opción 1

[Elaboración propia]

Inversión Inicial	
Actividad	Costos
Movimiento de vigas	\$ 9,497.86
Pallets movidos	\$ 4,720.10
Pallets almacenados	\$ 4,291.00
TOTAL	\$ 18,508.96

A continuación, se presenta el flujo de la caja con la inversión inicial y los diferentes ingresos y costos durante el primer semestre en el centro de distribución.

Tabla 2.26 Flujo de caja de la opción 1

[Elaboración propia]

Tasa de descuento		1%						
Mes		0	1	2	3	4	5	6
Inversión		-\$ 18,508.96						
Ingresos por entrega centralizada			\$ 1,282,139.43	\$ 1,282,139.43	\$ 1,282,139.43	\$ 1,282,139.43	\$ 1,282,139.43	\$ 1,282,139.43
Fijo	Locativos		\$ 86,884.14	\$ 86,884.14	\$ 86,884.14	\$ 86,884.14	\$ 86,884.14	\$ 86,884.14
	Personal		\$ 98,379.80	\$ 98,379.80	\$ 98,379.80	\$ 98,379.80	\$ 98,379.80	\$ 98,379.80
	Internos		\$ 3,969.14	\$ 3,969.14	\$ 3,969.14	\$ 3,969.14	\$ 3,969.14	\$ 3,969.14
	Ventas		\$ 2,271.81	\$ 2,271.81	\$ 2,271.81	\$ 2,271.81	\$ 2,271.81	\$ 2,271.81
	Costo Total Fijo		\$ 191,504.88	\$ 191,504.88	\$ 191,504.88	\$ 191,504.88	\$ 191,504.88	\$ 191,504.88
Variable	Personal		\$ 243,618.84	\$ 242,400.75	\$ 241,188.75	\$ 243,600.63	\$ 244,818.64	\$ 246,042.73
	Internos		\$ 18,217.19	\$ 18,126.10	\$ 18,035.47	\$ 18,215.82	\$ 18,306.90	\$ 18,398.44
	Ventas		\$ 29,863.83	\$ 29,714.51	\$ 29,565.94	\$ 29,861.60	\$ 30,010.91	\$ 30,160.96
	Costo Total Variable		\$ 291,699.86	\$ 290,241.37	\$ 288,790.16	\$ 291,678.06	\$ 293,136.45	\$ 294,602.13
	Depreciaciones		\$ 19,928.54	\$ 19,928.54	\$ 19,928.54	\$ 19,928.54	\$ 19,928.54	\$ 19,928.54
Seguros		\$ 14,775.82	\$ 14,775.82	\$ 14,775.82	\$ 14,775.82	\$ 14,775.82	\$ 14,775.82	
Costos Totales		\$ 517,909.12	\$ 516,450.62	\$ 514,999.41	\$ 517,887.31	\$ 519,345.70	\$ 520,811.38	
Utilidad sin impuestos		\$ 764,230.32	\$ 765,688.82	\$ 767,140.02	\$ 764,252.12	\$ 762,793.73	\$ 761,328.05	
Impuestos		-\$ 3,729.19	-\$ 3,729.19	-\$ 3,729.19	-\$ 3,729.19	-\$ 3,729.19	-\$ 3,729.19	
Utilidad neta		\$ 760,501.13	\$ 761,959.63	\$ 763,410.83	\$ 760,522.93	\$ 759,064.54	\$ 757,598.86	
VAN			\$ 4,353,035.06					

Para la segunda opción de diseño se realizó una cotización de la inversión inicial que se debería hacer en caso de llegar a implementarse esta solución. En la tabla 2.27 se detalla el costo de mano de obra por realizar la instalación de vigas en las ubicaciones de stock de pallet completo.

Tabla 2.27 Costo por instalar pares de vigas

[Elaboración propia]

Actividad	Cantidad	horas trabajadas	\$/ h-h	horas hombre	Costo (\$)
Instalación de vigas	1440	0.33	\$ 2.66	480	\$ 1,275.00

En la tabla 2.28 se detallan los costos por comprar vigas y de la reposición de mercadería a los racks.

Tabla 2.28 Costo por comprar vigas y reposicionar mercadería

[Elaboración propia]

Actividad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Vigas compradas	1440	\$ 86.46	\$ 124,502.40
Reposición de mercadería en racks	2880	\$ 0.22	\$ 633.60
TOTAL			\$ 125,136.00

Finalmente, se tiene una tabla 2.29 que resume todos los costos involucrados en la segunda opción de diseño.

Tabla 2.29 Inversión Inicial Opción 2

[Elaboración propia]

Inversión Inicial	
Actividad	Costos
Instalación de vigas	\$ 1,275.00
Vigas compradas	\$ 124,502.40
Reposición de mercadería en racks	\$ 633.60
TOTAL	\$ 126,411.00

A continuación, se presenta el flujo de la caja con la inversión inicial y los diferentes ingresos y costos durante el primer semestre en el centro de distribución.

Tabla 2.30 Flujo de caja de la opción 2

[Elaboración propia]

Tasa de descuento	1.24%						
Mes	0	1	2	3	4	5	6
Inversión	-\$ 126,411.00						
Ingresos por entrega centralizada		\$ 1,282,139.43	\$ 1,282,139.43	\$ 1,282,139.43	\$ 1,282,139.43	\$ 1,282,139.43	\$ 1,282,139.43
Locativos		\$ 86,884.14	\$ 86,884.14	\$ 86,884.14	\$ 86,884.14	\$ 86,884.14	\$ 86,884.14
Personal		\$ 98,379.80	\$ 98,379.80	\$ 98,379.80	\$ 98,379.80	\$ 98,379.80	\$ 98,379.80
Internos		\$ 3,969.14	\$ 3,969.14	\$ 3,969.14	\$ 3,969.14	\$ 3,969.14	\$ 3,969.14
Ventas		\$ 2,271.81	\$ 2,271.81	\$ 2,271.81	\$ 2,271.81	\$ 2,271.81	\$ 2,271.81
Costo Total Fijo		\$ 191,504.88	\$ 191,504.88	\$ 191,504.88	\$ 191,504.88	\$ 191,504.88	\$ 191,504.88
Personal		\$ 243,618.84	\$ 242,400.75	\$ 241,188.75	\$ 243,600.63	\$ 244,818.64	\$ 246,042.73
Internos		\$ 18,217.19	\$ 18,126.10	\$ 18,035.47	\$ 18,215.82	\$ 18,306.90	\$ 18,398.44
Ventas		\$ 29,863.83	\$ 29,714.51	\$ 29,565.94	\$ 29,861.60	\$ 30,010.91	\$ 30,160.96
Costo Total Variable		\$ 291,699.86	\$ 290,241.37	\$ 288,790.16	\$ 291,678.06	\$ 293,136.45	\$ 294,602.13
Depreciaciones		\$ 19,928.54	\$ 19,928.54	\$ 19,928.54	\$ 19,928.54	\$ 19,928.54	\$ 19,928.54
Seguros		\$ 14,775.82	\$ 14,775.82	\$ 14,775.82	\$ 14,775.82	\$ 14,775.82	\$ 14,775.82
Costos Totales		\$ 517,909.12	\$ 516,450.62	\$ 514,999.41	\$ 517,887.31	\$ 519,345.70	\$ 520,811.38
Utilidad sin impuestos		\$ 764,230.32	\$ 765,688.82	\$ 767,140.02	\$ 764,252.12	\$ 762,793.73	\$ 761,328.05
Impuestos		-\$ 3,729.19	-\$ 3,729.19	-\$ 3,729.19	-\$ 3,729.19	-\$ 3,729.19	-\$ 3,729.19
Utilidad neta		\$ 760,501.13	\$ 761,959.63	\$ 763,410.83	\$ 760,522.93	\$ 759,064.54	\$ 757,598.86
VAN		\$ 4,245,133.03					

Para la tercera opción de diseño se realizó la misma cotización inicial. En la tabla 2.31 se detalla el costo por la compra de las gavetas. De la misma manera en la tabla 2.32 se da a conocer el costo por almacenar la mercadería en pallet.

Tabla 2.31 Costo por compra de gavetas

[Elaboración propia]

Productos	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Gavetas amarillas	6390	\$ 8.25	\$ 52,717.50
Gavetas azules	3155	\$ 8.75	\$ 27,606.25
TOTAL			\$ 80,323.75

Tabla 2.32 Costo por almacenar la mercadería en el pallet

[Elaboración propia]

Actividad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Estiba de la mercadería	406	\$ 2.50	\$ 1,015.00

En la tabla 2.33 se detallan los costos por la inversión inicial que se desea dar en esta solución.

Tabla 2.33 Inversión Inicial Opción 3

[Elaboración propia]

Inversión Inicial	
Producto/Actividad	Costos
Gavetas amarillas	\$ 52,717.50
Gavetas azules	\$ 27,606.25
Estiba de la mercadería	\$ 1,015.00
TOTAL	\$ 81,338.75

A continuación, se presenta el flujo de la caja con la inversión inicial y los diferentes ingresos y costos durante el primer semestre en el centro de distribución.

Tabla 2.34 Flujo de caja de la opción 3

[Elaboración propia]

Tasa de descuento		1%							
Mes		0	1	2	3	4	5	6	
Inversión		-\$ 81,338.75							
Ingresos por entrega centralizada			\$ 1,282,139.43	\$ 1,282,139.43	\$ 1,282,139.43	\$ 1,282,139.43	\$ 1,282,139.43	\$ 1,282,139.43	
Fijo	Locativos		\$ 86,884.14	\$ 86,884.14	\$ 86,884.14	\$ 86,884.14	\$ 86,884.14	\$ 86,884.14	
	Personal		\$ 98,379.80	\$ 98,379.80	\$ 98,379.80	\$ 98,379.80	\$ 98,379.80	\$ 98,379.80	
	Internos		\$ 3,969.14	\$ 3,969.14	\$ 3,969.14	\$ 3,969.14	\$ 3,969.14	\$ 3,969.14	
	Ventas		\$ 2,271.81	\$ 2,271.81	\$ 2,271.81	\$ 2,271.81	\$ 2,271.81	\$ 2,271.81	
	Costo Total Fijo		\$ 191,504.88	\$ 191,504.88	\$ 191,504.88	\$ 191,504.88	\$ 191,504.88	\$ 191,504.88	
Variable	Personal		\$ 243,618.84	\$ 242,400.75	\$ 241,188.75	\$ 243,600.63	\$ 244,818.64	\$ 246,042.73	
	Internos		\$ 18,217.19	\$ 18,126.10	\$ 18,035.47	\$ 18,215.82	\$ 18,306.90	\$ 18,398.44	
	Ventas		\$ 29,863.83	\$ 29,714.51	\$ 29,565.94	\$ 29,861.60	\$ 30,010.91	\$ 30,160.96	
	Costo Total Variable		\$ 291,699.86	\$ 290,241.37	\$ 288,790.16	\$ 291,678.06	\$ 293,136.45	\$ 294,602.13	
	Depreciaciones		\$ 19,928.54	\$ 19,928.54	\$ 19,928.54	\$ 19,928.54	\$ 19,928.54	\$ 19,928.54	
	Seguros		\$ 14,775.82	\$ 14,775.82	\$ 14,775.82	\$ 14,775.82	\$ 14,775.82	\$ 14,775.82	
	Costos Totales		\$ 517,909.12	\$ 516,450.62	\$ 514,999.41	\$ 517,887.31	\$ 519,345.70	\$ 520,811.38	
	Utilidad sin impuestos		\$ 764,230.32	\$ 765,688.82	\$ 767,140.02	\$ 764,252.12	\$ 762,793.73	\$ 761,328.05	
	Impuestos		-\$ 3,729.19	-\$ 3,729.19	-\$ 3,729.19	-\$ 3,729.19	-\$ 3,729.19	-\$ 3,729.19	
	Utilidad neta		\$ 760,501.13	\$ 761,959.63	\$ 763,410.83	\$ 760,522.93	\$ 759,064.54	\$ 757,598.86	
VAN			\$ 4,290,205.28						

2.5.4 Matriz de Prioridad – Pugh

Para la realización de la matriz de prioridad Pugh, tabla 2.34, se establecieron como criterios de selección las características del diseño obtenidas a través del QFD y las restricciones del proyecto. A partir de estos criterios definidos, se asignó un peso relativo a cada criterio de selección, en una escala del 1 al 5, donde 1 es el criterio menos importante y 5 el más importante. Finalmente se asignó la relación de las propuestas de diseño con los criterios de selección, en conjunto con el cliente, siendo -1 la situación donde se decae en relación con el escenario actual, 0 la situación donde se mantiene el escenario actual y 1 la situación donde se mejora el escenario actual. A partir de la información recopilada, se observa que el diseño 2 “Diseño de ubicaciones de stock de medio pallet”, tiene un mayor puntaje en relación con el diseño 2 y 3.

Tabla 2.34 Matriz de Prioridad-Pugh

[Elaboración propia]

Criterio	Peso	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
		Rediseño de la dimensión de los racks de almacenamiento	Diseño de ubicaciones de stock de medio pallet	Implementación de unidad logística de almacenamiento para SKU's con problemas de apilamiento
Incremento de la ocupación en SKU's frágiles	1	1	1	1
Volumen mínimo de producto en pallet	3	1	1	1
Aumento del número de ubicaciones de almacenamiento	4	0	1	-1
Aumentar el número de pisos en los SKU's con problemas de apilamiento.	2	1	0	1
Peso máximo de almacenamiento	4	0	0	0
Peso máximo para maniobrar las máquinas	4	0	0	0
Piso máximo del apilamiento	3	1	1	1
Aprobación de las direcciones involucradas	2	-1	-1	-1
Uso de la capacidad instalada	5	1	1	1
TOTAL		12	14	8

2.5.5 Selección de propuesta de solución

Una vez determinados, los criterios de selección como el, análisis financiero, matriz Pugh y el % de ocupación de las ubicaciones de stock, se procedió con la elección de las alternativas de diseño Tabla 2.35, donde a través de los criterios mencionados, se observa que los 3 diseños propuestos son factibles de realizar, sin embargo, como parte de la retroalimentación del cliente, optó por descartar la alternativa C. El cliente especificó que la solución B era la mejor.

Tabla 2.35 Matriz de selección de diseño

[Elaboración propia]

Criterios de Selección	Estado Actual	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
		Rediseño de la dimensión de los racks de almacenamiento	Diseño de ubicaciones de stock de medio pallet	Implementación de unidad logística de almacenamiento para SKU's con problemas de apilamiento
Análisis Financiero (VAN)	\$3,481,234.52	\$4,353,035.06	\$ 4,245,133.03	\$4,290,205.28
Matriz Pugh	0	12	14	8
% Ocupación	61	69	67	65
Decisión Empresarial			X	

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Propuesta de Solución

Lo que se va a realizar en los racks del centro de distribución será implementar ubicaciones de stock de medio pallet, ya que actualmente sólo se utilizan estas estanterías de media altura para almacenar producto que será utilizado para el picking.

En la figura 3.1 se da a conocer las dimensiones actuales que tienen los racks en la bodega.

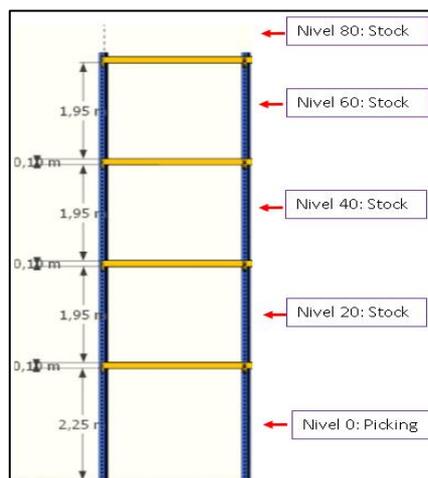


Figura 3.1 Rack actual

[Elaboración propia]

Como se puede observar el nivel 0 es la ubicación para picking, mientras que los niveles 20,40,60 y 80 son de stock.

Lo que se va a proponer es un rediseño de los racks, debido a que las ubicaciones de medio pallet van a tener la mitad de la altura, disponible para almacenar, que una ubicación de pallet completo. La figura 3.2 enseña la propuesta de rack que se desea implementar

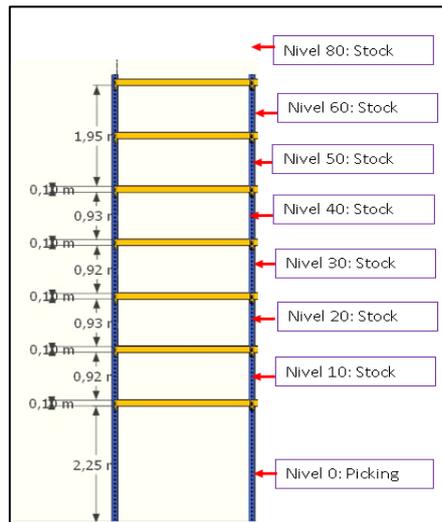


Figura 3.2 Rack Propuesto

[Elaboración propia]

El resultado final por racks se presenta en la siguiente ilustración 3.3

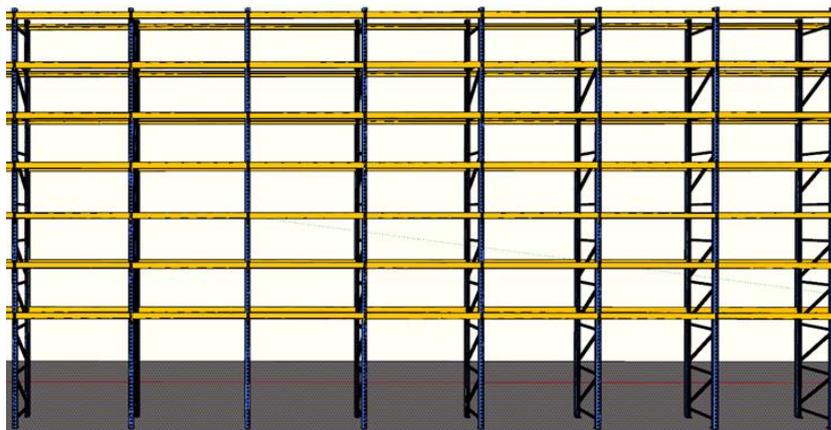


Figura 3.3 Rack Propuesto Completo

[Elaboración propia]

Con esta propuesta lo que se busca es aumentar el % de ocupación sin tener que recurrir a comprar mas recursos, sin embargo, esta solución no sería óptimo aplicarlo en toda la bodega, ya que dependerá de varios factores, sobre todo del tamaño del empaque secundario con el que llega a la bodega por parte del proveedor.

Antes de todo, es necesario, conocer como llega la mercadería al centro de distribución. En la tabla 3.1 se presenta las ubicaciones con sus respectivos pallets de mercadería.

Tabla 3.1 Tipos de ubicaciones y pallets

[Elaboración propia]

Ubicación/Pallet	Definición
Ubicación de stock normal	Embalaje de productos con altura mayores a 0.7 metros
Pallet completo	# Pisos almacenados = # pisos configurados en el sistema
Saldos de mercadería	# Pisos almacenados < # pisos configurados en el sistema
Ubicación de stock medio	Embalaje de productos con altura menores a 0.7 metros
Medio Pallet completo	# Pisos almacenados = # pisos configurados en el sistema
Saldos de mercadería	# Pisos almacenados < # pisos configurados en el sistema

Una vez definida esta parte, es necesario establecer las áreas en donde se podría llegar a implementar esta solución.

La bodega está conformada por 15 zonas, sin embargo, 5 de ellas tienen ubicaciones Drive In, las cuales, por su alta rotación de productos, no tienen problemas de ocupación. En definitiva, solo 10 áreas quedaron para el análisis. En la siguiente tabla 3.2 se detallan todas las zonas con su debida descripción.

Tabla 3.2 Tipos de zonas

[Elaboración propia]

Zonas	Descripción
COMEST_S1	Bloque 100 comestibles simples (121-124)
COMEST_D1	Bloque Doble 100 Comestibles (110-119)
POSPT	Bloque 500 (501-537)
PYLS3	Perfumería y limpieza del bloque 300 (301-325)
COMPT	Bloque de abarrotes 300 (326-337)
TEMPSP	Temporal simple
TEMPDP	Temporal doble
PYLD1	Doble bloque 100 perfumería y limpieza
PYLD3	Doble bloque 300 perfumería y limpieza
PYLS1	Perfumería y limpieza sencilla del bloque 100
COMDIN1	Comestibles Drive-in block 100
COMDIN4	Comestibles Drive-in block 400
PYLDIN1	Perfumería y limpieza Bloque drive in 100
PYLDIN3	Perfumería y limpieza Drive-in bloque 300
TEMP_DIN	Drive-in temporal

Partiendo de una información tomada del sistema de la empresa, se realizó una estratificación de la información diaria utilizando tablas dinámicas en Microsoft Excel. Como resultado de ese análisis se recopiló la siguiente información situada en el Anexo G.

Con esos datos, se realizó una tabla de frecuencias para determinar el número de días óptimo para aplicar ese rango de ubicaciones de medio pallet. Los resultados se presentaron en la tabla 3.3 de la zona PYLS3.

Tabla 3.3 Tabla de frecuencia

[Elaboración propia]

Límite inferior	Límite superior	Clase	Marca de clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Acum	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relat. Ac
#Ubicaciones	#Ubicaciones	#Ubicaciones	Xi	fi	Fi	fr	Fr
371	419	[371-419]	395	6	6	5%	5%
419	467	[419-467)	443	8	14	7%	11%
467	515	[467-515)	491	31	45	25%	37%
515	563	[515-563)	539	22	67	18%	55%
563	611	[563-611)	587	19	86	16%	70%
611	659	[611-659)	635	21	107	17%	88%
659	707	[659-707]	683	15	122	12%	100%
Total				122		100%	

Posterior a ello, se realizó un diagrama de Pareto para determinar en qué rango de ubicaciones se concentra el 80% de los días. Para la zona PYLS3 se detectó un rango de 467 a 659 ubicaciones, tal y como se muestra en el Pareto de la figura 3.4.

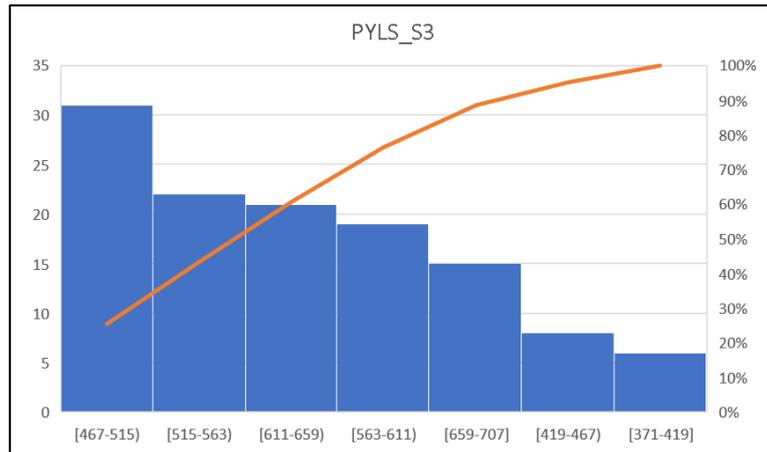


Figura 3.4 Diagrama de Pareto

[Elaboración propia]

El análisis es el mismo con el resto de zonas, el resultado final se muestra en el Apéndice H. Se fijó un número mínimo de ubicaciones, el cual es determinado por la cantidad de ubicaciones de stock definidos en un rack. Si este valor está dentro del rango histórico, entonces la zona es óptima para aplicar la solución. Los resultados finales se presentan en la tabla 3.4 en donde solo las áreas PYLS3, COMPT y POSPT son las seleccionadas.

Tabla 3.4 Tabla de frecuencia

[Elaboración propia]

Zona	Número de ubicaciones necesarias según el historial	# Posiciones mínimas	Conclusión
COMEST_S1	43-70	315	No aplica
PYLS3	467-659	224	Aplica
COMPT	534-714	224	Aplica
POSPT	817-945	175	Aplica
TEMPSP	87-103	175	No aplica
COMEST_D1	21-81	630	No aplica
PYLD1	2-8	630	No aplica
PYLD3	100-140	448	No aplica
PYLS1	69-102	315	No aplica
TEMPDP	51-72	175	No aplica

Una vez que se definieron las zonas, se realizó un modelo de programación entera para determinar el número de racks óptimos que permitan aumentar el nivel de ocupación.

Variables

Rmi= #Racks de medio pallet

Rni= #Racks normales

Parámetros

URm= #Ubicaciones de medio pallet por rack

URn= #Ubicaciones de pallet completo por rack

Vm= Volumen de ubicaciones de medio pallet

Vn= Volumen de ubicaciones de pallet completo

Rt= # Rack total

Función Objetivo

$$Max Z = \sum_{i=1}^n \frac{VA}{(URm + Rmi + Vm) + (URn + Rni + Vn)} \quad (3.1)$$

Restricciones

Racks máximos:

$$Rmi + Rni \leq Rt \quad (3.2)$$

No Negatividad:

$$Rmi, Rni \ni Z^+ \quad (3.3)$$

El resultado lo muestra la siguiente tabla 3.5 en donde se detalla el número de racks con su respectivo número de ubicaciones por zona.

Tabla 3.5 Cantidad de racks tomados del modelo

[Elaboración propia]

Zona	Número de racks	Número de ubicaciones
COMPT	3	672
PYLS3	3	672
POSPT	5	875

3.2 Simulación

Se procede a realizar la simulación en Microsoft Excel, a partir de la data estratificada y por la ecuación 2.2. En la tabla 3.6 se presenta la información que fue útil para realizar los cálculos pertinentes en la búsqueda del % de ocupación. Cabe destacar que la simulación fue realizada durante 28 días.

Tabla 3.6 Información estratificada por zonas

[Elaboración propia]

Fecha	Zona	Pallet complete medio		Pallet saldo medio		Pallet normal completo		Pallet normal saldos		TOTAL	
		#Ubicaciones	Volumen almacenado	#Ubicaciones	Volumen almacenado	#Ubicaciones	Volumen almacenado	#Ubicaciones	Volumen almacenado	#Ubicaciones	Volumen almacenado
28/07/2022	COMPT	404	260	577	203	1,239	1,657	233	229	2,453	2,348
28/07/2022	POSPT	253	131	771	189	902	1,201	428	375	2,354	1,896
28/07/2022	PYLS3	328	211	334	112	1,544	2,174	365	392	2,571	2,890
29/07/2022	COMPT	418	268	637	217	1,224	1,643	249	242	2,528	2,370

En la siguiente tabla 3.7 se muestra los cálculos para la situación actual de la empresa durante los 28 días simulados. Los datos se expresan por días y por la zona correspondiente.

Tabla 3.7 Simulación Situación Actual

[Elaboración propia]

Volumen almacenado
 $\frac{\text{#ubicaciones ocupadas} \times \text{volumen de ubicación}}{\text{volumen almacenado}}$

$(\text{#ubicaciones ocupadas} \times \text{volumen de ubicación}) - \text{volumen almacenado}$

Fecha	Zona	Pallet Completo Medio		Pallet Saldo Medio		Total, Ubicaciones Medias		Pallet Completo Normal		Pallet Saldo Normal		Total, Ubicaciones Normal		TOTAL	
		%Ocupación	Espacio Subutilizado (m3)	%Ocupación	Espacio Subutilizado (m3)	%Ocupación	Espacio Subutilizado (m3)	%Ocupación	Espacio Subutilizado (m3)	%Ocupación	Espacio Subutilizado (m3)	%Ocupación	Espacio Subutilizado (m3)	%Ocupación	Espacio Subutilizado (m3)
28/07/2022	COMPT	32%	565	17%	974	23%	1,539	66%	871	48%	246	63%	1,117	47%	2,656
28/07/2022	POSPT	25%	385	12%	1,383	15%	1,769	65%	640	43%	498	58%	1,138	39%	2,906
28/07/2022	PYLS3	32%	458	16%	569	24%	1,027	69%	976	53%	352	66%	1,328	55%	2,355
29/07/2022	COMPT	31%	585	17%	1,083	23%	1,667	66%	854	48%	266	63%	1,120	46%	2,788
29/07/2022	POSPT	25%	396	12%	1,457	15%	1,853	65%	642	43%	500	58%	1,142	39%	2,995

Por otra parte, en la tabla 3.8 se muestra los cálculos para la situación propuesta de la empresa durante los 28 días simulados. La data se expresa por días y por la zona correspondiente.

Tabla 3.8 Simulación Situación Propuesta

[Elaboración propia]

FECHA	ZONA	Pallet Completo Medio		Pallet Saldo Medio		Total, Ubicaciones Medias		Pallet Completo Normal		Pallet Saldo Normal		Total, Ubicaciones Normal		TOTAL	
		%Ocupación	Espacio Subutilizado (m3)	%Ocupación	Espacio Subutilizado (m3)	%Ocupación	Espacio Subutilizado (m3)	%Ocupación	Espacio Subutilizado (m3)	%Ocupación	Espacio Subutilizado (m3)	%Ocupación	Espacio Subutilizado (m3)	%Ocupación	Espacio Subutilizado (m3)
28/07/2022	COMP T	37%	451	42%	282	39%	733	66%	871	48%	246	63%	1,117	56%	1,850
28/07/2022	POSP T	33%	261	29%	458	31%	719	65%	640	43%	498	58%	1,138	51%	1,856
28/07/2022	PYLS 3	77%	64	40%	169	58%	233	69%	976	53%	352	66%	1,328	65%	1,561
29/07/2022	COMP T	33%	543	41%	318	36%	861	66%	854	48%	266	63%	1,120	54%	1,981
29/07/2022	POSP T	29%	319	29%	484	29%	803	65%	642	43%	500	58%	1,142	49%	1,945

Como conclusiones para los niveles de ocupación en las ubicaciones de medio pallet, se presentan los siguientes expresados en la tabla 3.9.

Tabla 3.9 Conclusiones Finales de la Propuesta

[Elaboración propia]

FECHA	ZONA	Pallet Completo Medio		Pallet Saldo Medio		Total, Ubicaciones Medias		TOTAL		
		Incremento del %Ocupación	Reducción del espacio subutilizado (m3)	%Ocupación	Espacio Subutilizado (m3)	Incremento del %Ocupación	Reducción del espacio subutilizado (m3)	Incremento del %Ocupación	Reducción del espacio subutilizado (m3)	Posiciones liberadas
28/07/2022	COMPT	5%	-114	25%	-692	16%	-806	9%	-806	336
28/07/2022	POSPT	8%	-125	17%	-925	15%	-1,050	11%	-1,050	438
28/07/2022	PYLS3	45%	-394	23%	-401	34%	-794	10%	-794	331
29/07/2022	COMPT	2%	-42	24%	-764	14%	-806	9%	-806	336
29/07/2022	POSPT	4%	-77	17%	-973	14%	-1,050	11%	-1,050	438

3.3 Resultados Finales

Finalmente, se presenta la tabla 3.10 para dar a conocer los incrementos de ocupación que han tenido las nuevas ubicaciones de medio pallet. Producto del incremento de la ocupación y reducción del espacio subutilizado, se liberaron ubicaciones, las cuales estarán disponibles para seguir almacenando más productos.

Tabla 3.10 Resultados Finales de la Propuesta

[Elaboración propia]

ZONA	Pallet Completo Medio		Pallet Saldo Medio		Total, Ubicaciones Medias		TOTAL		
	Incremento del %Ocupación	Reducción del espacio subutilizado (m3)	%Ocupación	Espacio Subutilizado (m3)	Incremento del %Ocupación	Reducción del espacio subutilizado (m3)	Incremento del %Ocupación	Reducción del espacio subutilizado (m3)	Posiciones Liberadas
PYLS3	43%	-373	23%	-405	32%	-777	10%	-777	324
POSPT	4%	-78	17%	-972	14%	-1,050	11%	-1,050	438
COMPT	8%	-138	24%	-668	17%	-806	10%	-806	336
		-589		-2,045		-2,634		-2,634	1,097

Para saber la consistencia de la solución, se recopiló información de 3 fechas en donde el volumen almacenado es cambiante, donde el volumen es máximo, mínimo o representa el 90% percentil (90% máximo) de la mercadería total. Los resultados de la simulación se presentan en la siguiente tabla 3.11.

Tabla 3.11 Simulación de Casos Específicos

[Elaboración propia]

FECHA	ZONA	Pallet Completo Medio		Pallet Saldo Medio		Total, Ubicaciones Medias		TOTAL		
		Incremento del %Ocupación	Reducción del espacio subutilizado (m3)	%Ocupación	Espacio Subutilizado (m3)	Incremento del %Ocupación	Reducción del espacio subutilizado (m3)	Incremento del %Ocupación	Reducción del espacio subutilizado (m3)	Posiciones liberadas
MAXIMO	COMPT	45%	-388	23%	-392	33%	-780	11%	-780	325
MAXIMO	POSPT	35%	-287	17%	-716	22%	-1,003	13%	-1,003	418
MAXIMO	PYLS3	42%	-312	24%	-276	33%	-588	8%	-588	245
MINIMO	COMPT	41%	-211	19%	-462	26%	-673	16%	-673	281
MINIMO	POSPT	4%	-101	16%	-949	13%	-1,050	12%	-1,050	438
MINIMO	PYLS3	43%	-367	19%	-325	32%	-692	11%	-692	289
PERCENTIL	COMPT	45%	-374	22%	-420	33%	-794	11%	-794	331
PERCENTIL	POSPT	25%	-235	17%	-815	20%	-1,050	13%	-1,050	438
PERCENTIL	PYLS3	42%	-302	24%	-268	33%	-570	8%	-570	238

3.4 Costos de implementación

Para realizar la inversión inicial se requieren comprar y desarrollar las siguientes actividades citadas en la tabla 3.12.

Tabla 3.12 Simulación de Casos Específicos

[Elaboración propia]

Inversión Inicial	
Actividad	Costos
Instalación de vigas	\$ 486.98
Vigas compradas	\$ 47,553.00
Reposición de mercadería en racks	\$ 121.00
TOTAL	\$ 48,160.98

Para corroborar que el proyecto es factible de realizarlo, se utilizó el Valor Actual Neto, a una tasa mensual de 1.24%, un periodo de 6 meses y con los siguientes costos e ingresos mostrados en la tabla 3.13.

Tabla 3.13 Flujo de caja de la solución

[Elaboración propia]

Tasa de descuento		1.24%						
Mes		0	1	2	3	4	5	6
Inversión		-\$ 48,160.98						
Fijo	Ingresos por entrega centralizada		\$ 1,282,139.43	\$ 1,282,139.43	\$ 1,282,139.43	\$ 1,282,139.43	\$ 1,282,139.43	\$ 1,282,139.43
	Locativos		\$ 86,884.14	\$ 86,884.14	\$ 86,884.14	\$ 86,884.14	\$ 86,884.14	\$ 86,884.14
	Personal		\$ 98,379.80	\$ 98,379.80	\$ 98,379.80	\$ 98,379.80	\$ 98,379.80	\$ 98,379.80
	Internos		\$ 3,969.14	\$ 3,969.14	\$ 3,969.14	\$ 3,969.14	\$ 3,969.14	\$ 3,969.14
	Ventas		\$ 2,271.81	\$ 2,271.81	\$ 2,271.81	\$ 2,271.81	\$ 2,271.81	\$ 2,271.81
Costo Total Fijo			\$ 191,504.88	\$ 191,504.88	\$ 191,504.88	\$ 191,504.88	\$ 191,504.88	\$ 191,504.88
Variable	Personal		\$ 243,618.84	\$ 242,400.75	\$ 241,188.75	\$ 243,600.63	\$ 244,818.64	\$ 246,042.73
	Internos		\$ 18,217.19	\$ 18,126.10	\$ 18,035.47	\$ 18,215.82	\$ 18,306.90	\$ 18,398.44
	Ventas		\$ 29,863.83	\$ 29,714.51	\$ 29,565.94	\$ 29,861.60	\$ 30,010.91	\$ 30,160.96
	Costo Total Variable		\$ 291,699.86	\$ 290,241.37	\$ 288,790.16	\$ 291,678.06	\$ 293,136.45	\$ 294,602.13
	Depreciaciones		\$ 19,928.54	\$ 19,928.54	\$ 19,928.54	\$ 19,928.54	\$ 19,928.54	\$ 19,928.54
	Seguros		\$ 14,775.82	\$ 14,775.82	\$ 14,775.82	\$ 14,775.82	\$ 14,775.82	\$ 14,775.82
	Costos Totales		\$ 517,909.12	\$ 516,450.62	\$ 514,999.41	\$ 517,887.31	\$ 519,345.70	\$ 520,811.38
	Utilidad sin impuestos		\$ 764,230.32	\$ 765,688.82	\$ 767,140.02	\$ 764,252.12	\$ 762,793.73	\$ 761,328.05
	Impuestos		-\$ 3,729.19	-\$ 3,729.19	-\$ 3,729.19	-\$ 3,729.19	-\$ 3,729.19	-\$ 3,729.19
	Utilidad neta		\$ 760,501.13	\$ 761,959.63	\$ 763,410.83	\$ 760,522.93	\$ 759,064.54	\$ 757,598.86
VAN			\$ 4,323,383.05					

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Pilares de Sostenibilidad

Como toda propuesta de diseño, ésta debe traer beneficios no sólo económicos, sino también sociales y amigables con el medio ambiente. Es por ello, que a continuación se detallarán los principales cambios que se pudieron detectar al momento de llegar a implementar esta solución en la empresa.

Ambiental

- Se estima una reducción del % de CO2 gracias a la no expansión del Centro de Distribución.

Social

- La carga de trabajo de los operarios se vio reducida. El tiempo medio de reposición pasó de 56 s a 53 s.

Económico

- Se redujo el costo promedio diario de almacenamiento en un 17%. De \$1.679 a \$1.395.

4.2 Conclusiones

- Se recopiló información de diferentes fuentes: entrevista, muestreo, encuestas y sistema WMS.
- Con la implementación de ubicaciones de stock de medio pallet, se incrementa la ocupación del almacén en un 10%.
- Se realizó un análisis financiero, de priorización y de indicador para escoger el mejor escenario/solución posible.
- El espacio subutilizado en estas áreas se redujo en 2.643 m3, liberando 1.097 lugares de almacenamiento diarios.

- Se utilizó AutoCAD para mostrar visualmente la solución y Microsoft Excel para simular.

4.3 Recomendaciones

- Se recomienda que las órdenes de compra se realicen en múltiplos de pallets para aumentar en mayor porcentaje la ocupación del almacén.
- Se recomienda manejar un plan de control para comprobar si la solución se mantiene en un buen camino o si se requiere realizar ajustes durante su implementación.
- Implementar una unidad logística para productos con problemas de apilamiento. Que esta recomendación sea partidaria por ambas partes (proveedor-empresa).

BIBLIOGRAFÍA

- Barrera, I. D., & Molano, D. F. (2017). *Propuesta para el diseño y layout de bodega para la empresa Maple Oil S.A.S.* Bogotá.
- Begoña, A. (2010). *Modelos matemáticos de optimización.* Madrid.
- Escudero, J. (2014). *Logística de Almacenamiento.* Madrid: Ediciones Paraninfo S.A.
- Gómez, F., Vilar, J., & Tejero, M. (2003). *Seis Sigma.* Madrid: FUNDACIÓN CONFEMETAL.
- Gómez, R., & Barrera, S. (2011). Seis sigma: un enfoque teórico y aplicado en el ámbito empresarial basándose en información científica.
- Griffin, & Hauser. (1993). VOICE OF THE CUSTOMER-DATA ANALYSIS. *PROVALIS RESEARCH.*
- López, R. (2006). *Operaciones de Almacenaje.* Madrid: Paraninfo S.A.
- Mata, M. (2012). *Optimización de servicios en un centro de distribución.* Madrid: Académica Española.
- Retail, C. (2018).

APÉNDICES

APÉNDICE A

Casa de la Calidad (QFD)

Peso Relativo	Importancia	Requerimientos		Requerimientos Funcionales							Evaluación competitiva del cliente				
		Requerimientos del cliente		Distancia máxima entre stock y ubicaciones de picking < 8,40 m	Aumentar el número de pisos en los SKU's con problemas de apilamiento.	60% volumen de la ubicación < Volumen mínimo de producto en pallet < 95% volumen de la ubicación	Incrementar el 5% de la ocupación de almacenamiento en SKU's frágiles	Definir el embalaje de almacenamiento secundario según el tipo de producto.	Consolide la mercancía en zonas y corredores en función de la rotación de productos. (A=80%) (B=15%) (C=5%)	Aumentar el número de ubicaciones de almacenamiento.	Malo	Regular	Ok	Muy bueno	Excelente
26%	9	Aumentar la ocupación de las ubicaciones de stock.		●	●	●	○	○	●						
23%	8	Preservar la calidad del producto.		○	○		●	○	○						
20%	7	Concentre la mercancía en menos pallets		●	●	●			○						
17%	6	Disminuir los tiempos de reposición de mercadería a los lugares de picking.	●					○	●						
14%	5	Reducir los bultos (pallet) movidos para el almacenaje de mercancías.	○	●	●	●			○						
35		Clasificación de importancia técnica	59	197	213	189	99	87	144	988					
		Peso relativo	6%	20%	22%	19%	10%	9%	15%	100%					

APÉNDICE B

Plan de recolección de datos

Nomenclatura	Especificaciones de diseño	Qué?			Dónde?	Quando?	Método de observación	Cómo?	Por qué?	Quien?	Fuentes de confiabilidad	Estado
		Variable	Unidad	Tipo de dato	Dónde se recolectarán?	Cuándo se recolectarán?		Método de recolección	Por qué recolectarlos? (Uso futuro)	Responsables		
X1	*Volumen mínimo de producto en pallet [60-95]%. * Aumentar el número de pisos en los SKU's con problemas de apilamiento.	Volumen de recepción de mercadería	metros cúbicos	Continua y Cuantitativa	Base de datos del sistema WMS	Inicio de la etapa de medición	Observación Indirecta	Registro del volumen de mercadería recibida (Data diaria)	Para saber la cantidad de mercadería que ingresa, para determinar la capacidad de almacenamiento requerida	Ronny Simbaña Alfonso Moreno	La información fue recopilada del sistema WMS manejado por el departamento logístico y fue verificada a través del GEMBA	Completo
X2	*Volumen mínimo de producto en pallet [60-95]%. * Incrementar el 5% de la ocupación de almacenamiento en SKU's frágiles. * Aumentar el número de ubicaciones de almacenamiento.	Volumen de mercadería almacenada	metros cúbicos	Continua y Cuantitativa	Base de datos del sistema WMS	Inicio de la etapa de medición	Observación Indirecta	Registro del volumen de mercadería almacenada por tipo de ubicación de stock (Data diaria)	Para ver el rendimiento de ocupación de las ubicaciones de stock	Ronny Simbaña Alfonso Moreno	La información fue recopilada del sistema WMS manejado por el departamento logístico y fue verificada a través del GEMBA	Completo
X3	*Volumen mínimo de producto en pallet [60-95]%. * Aumentar el número de pisos en los SKU's con problemas de apilamiento.	Volumen de despacho de mercadería	metros cúbicos	Continua y Cuantitativa	Base de datos del sistema WMS	Inicio de la etapa de medición	Observación Indirecta	Registro del volumen de mercadería despachada de la bodega (Data diaria)	Para saber la capacidad de mercadería que se despacha	Ronny Simbaña Alfonso Moreno	La información fue recopilada del sistema WMS manejado por el departamento logístico y fue verificada a través del GEMBA	Completo
X4	*Incrementar el 5% de la ocupación de almacenamiento en SKU's frágiles.	# de picadas por SKU's	N/A	Discreta y Cuantitativa	Base de datos del sistema WMS	Inicio de la etapa de medición	Observación Indirecta	Registro de la cantidad de movimientos de un SKU's en las ubicaciones de picking (Data diaria)	Para determinar la rotación de los SKU's	Ronny Simbaña Alfonso Moreno	La información fue recopilada del sistema WMS manejado por el departamento logístico	Completo
X5	*Volumen mínimo de producto en pallet [60-95]%. * Aumentar el número de ubicaciones de almacenamiento.	# pallets recibidos	pallets	Discreta y Cuantitativa	Base de datos del sistema WMS	Inicio de la etapa de medición	Observación Indirecta	Registro del # de pallets recibidos de proveedores (Data diaria)	Para determinar la capacidad de almacenamiento requerida	Ronny Simbaña Alfonso Moreno	La información fue recopilada del sistema WMS manejado por el departamento logístico y fue verificada a través del GEMBA	Completo
X6	*Incrementar el 5% de la ocupación de almacenamiento en SKU's frágiles. * Aumentar el número de pisos en los SKU's con problemas de apilamiento.	# pallets almacenados	pallets	Discreta y Cuantitativa	Base de datos del sistema WMS	Inicio de la etapa de medición	Observación Indirecta	Registro del # de pallets almacenados por tipo de ubicación de stock (Data diaria)	Para ver el rendimiento de ocupación de las ubicaciones	Ronny Simbaña Alfonso Moreno	La información fue recopilada del sistema WMS manejado por el departamento logístico y fue verificada a través del GEMBA	Completo
X7	*Incrementar el 5% de la ocupación de almacenamiento en SKU's frágiles. * Aumentar el número de pisos en los SKU's con problemas de apilamiento. *Volumen mínimo de producto en pallet [60-95]%. * Aumentar el número de pisos en los SKU's con problemas de apilamiento.	Base y piso de pallet por SKU's	unidades en la base del pallet número de pisos en el pallet	Discreta y Cuantitativa	Base de datos del sistema WMS	Inicio de la etapa de medición	Observación Indirecta	Registros disponibles de la configuración de apilamiento del SKU's en pallet	Para mejorar la ocupación del pallet y por tanto la de las ubicaciones	Ronny Simbaña Alfonso Moreno	Se calculó un n muestral para hacer la comparación de valores (sistema-medidos) (N=1542, Z=1.28, e=10%)	En Progreso
X8	*Incrementar el 5% de la ocupación de almacenamiento en SKU's frágiles. * Aumentar el número de pisos en los SKU's con problemas de apilamiento. *Volumen mínimo de producto en pallet [60-95]%. * Aumentar el número de pisos en los SKU's con problemas de apilamiento.	Volumetría del embaje del SKU's	Cm	Continua y Cuantitativa	Base de datos del sistema WMS	Inicio de la etapa de medición	Observación Indirecta	Registros disponibles de las dimensiones del embaje por SKU's	Para determinar la altura, y volumen óptimo de mercadería a almacenar	Ronny Simbaña Alfonso Moreno	Se calculó un n muestral para hacer la comparación de valores (sistema-medidos) (N=1542, Z=1.28, e=10%)	Completo
X9	*Incrementar el 5% de la ocupación de almacenamiento en SKU's frágiles. * Aumentar el número de pisos en los SKU's con problemas de apilamiento.	Peso de los SKU's	kilogramos	Continua y Cuantitativa	Base de datos del sistema WMS	Inicio de la etapa de medición	Observación Indirecta	Registros disponibles del peso de los SKU's	Para conocer la capacidad de peso requerida en las ubicaciones	Ronny Simbaña Alfonso Moreno	La información fue recopilada del sistema WMS manejado por el departamento logístico y fue verificada a través del GEMBA	Completo

APÉNDICE C

Muestreo de dimensiones de los SKU's

Estadístico	Descripción	Ubicación	Data del sistema (cm)			Data muestreada (cm)			Error (%)		
			Largo	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto
140691002	DESINFECTANTE FABULOSO 1000 ML FLORAL	10207700	30	26	27	29.5	25.8	26.9	1.7%	0.8%	0.4%
140691003	DESINFECTANTE FABULOSO 1000 ML LAVANDA	10313300	31	27	27	30.0	25.8	27.1	3.3%	4.7%	0.4%
167070000	CREMA DENTAL COLGATE TRIPLE ACCION 75 ML X 3	10810900	35	27	20	34.8	26.6	20.1	0.6%	1.7%	0.4%
258196000	ATUN LOMITOS EN ACEITE VAN CAMP'S 184 G A/F X 8	11004500	35	26	16	34.9	26.1	16.2	0.4%	0.2%	1.2%
258195000	SARDINAS EN SALSA DE TOMATE VAN CAMP'S 425 G A/F	11006100	45	33	12	44.6	33.0	12.1	1.0%	0.0%	0.8%
257354000	ATUN TUN TUN ACEITE GIRASOL REAL 80 G X 3 A/F	11006200	35	22	15	34.5	22.0	14.9	1.4%	0.0%	0.7%
257352000	ATUN LOMITOS EN ACEITE GIRASOL ISABEL 80 G X 3 A/F	11006600	36	22	15	34.3	20.9	15.0	5.1%	5.5%	0.0%
257351000	ATUN LOMITOS EN ACEITE GIRASOL ISABEL 160 G A/F	11011800	35	27	18	34.5	26.8	16.0	1.4%	0.7%	12.5%
249527000	VINO TINTO MONT VALENTINO 750 ML CABERNET SAUVIGNON	11116900	24	16	34	24.0	15.8	32.6	0.0%	1.3%	4.3%
249528000	VINO TINTO MONT VALENTINO 750 ML MERLOT	11206200	24	16	31	24.1	16.0	32.0	0.4%	0.0%	3.1%
330546002	CAFFE LATO TONI TETRABRIK 250 CC CAPUCCINO	11512100	41	17	14	40.5	17.0	14.0	1.2%	0.0%	0.0%
255048001	CEREAL CORN FLAKES MCDUGAL 360 G AZUCAR	11914600	51	41	32	51.5	41.0	31.0	1.0%	0.0%	3.2%
257468000	ACEITE CRIOLLO 900 ML	12209700	38	24	29	38.9	22.8	29.0	2.3%	5.3%	0.0%
257473000	ACEITE LA FAVORITA 1 L	12211800	40	24	29	41.8	24.9	29.0	4.3%	3.6%	0.0%
133393000	MICROONDAS 20 L INDURAMA MWI-20BL	31202500	59	35	29	50.0	35.0	29.0	18.0%	0.0%	0.0%

132586000	SANDUCHERA P/2 PANES HOMETECH	31406600	32	26	51	31.9	25.9	51.0	0.3%	0.4%	0.0%
132686000	OLLA ARROCERA 1.5 L HOMETECH SURTIDO REF 150A	31407700	55	28	48	54.1	27.8	48.0	1.7%	0.7%	0.0%
132547000	PLANCHA A VAPOR C/ROCIADOR HOMETECH	31409000	53	27	30	52.9	25.9	30.0	0.2%	4.2%	0.0%
134205000	AURICULARES HOMETECH SURTIDO REF AP3	32003400	44	34	39	44.0	33.1	39.0	0.0%	2.7%	0.0%
31801001	CORTINA PLASTICA P/BANO 180X180 CM HOME CLUB ESTAMPADO F116	32011700	52	32	23	52.0	33.0	24.0	0.0%	3.0%	4.2%
167029000	CREMA DENTAL COLGATE TRIPLE ACCION 100 ML X 3	32110500	47	32	22	42.5	32.0	22.0	10.6%	0.0%	0.0%
132544000	PLANCHA A VAPOR C/ROCIADOR OSTER	32504900	62	30	30	62.0	30.0	31.0	0.0%	0.0%	3.2%
249531000	VINO TINTO MAJESTAD 750 ML CABERNET SAUVIGNON	32805800	30	23	30	30.0	22.8	30.0	0.0%	0.9%	0.0%
255044003	CEREAL ARROZ CROCANTE MCDUGAL 360 G VAINILLA	32902900	51	41	32	50.8	41.0	31.0	0.4%	0.0%	3.2%
257346000	ATUN LOMITOS EN ACEITE REAL 180 G A/F	33009000	35	27	17	34.8	27.0	17.1	0.6%	0.0%	0.6%
330546001	CAFFE LATO TONI TETRABRIK 250 CC MOCACCINO	33102910	41	17	14	40.1	17.0	14.0	2.2%	0.0%	0.0%
195137000	PISCINA ESTRUCTURAL 190X130X42 CM BESTWAY	50901700	126	17	10	125.8	17.0	10.5	0.2%	0.0%	4.8%
195136000	PISCINA ESTRUCTURAL 228X159X42 CM BESTWAY	51001800	113	22	12	113.5	22.0	12.0	0.4%	0.0%	0.0%
134214000	AURICULAR C/ESTUCHE HOMETECH SURTIDO REF A198	51505400	44	39	34	43.3	34.0	35.0	1.7%	14.7%	2.9%
25189000	TAZA C/BOQUILLA 10 OZ DISNEY BABY DUMBO	52003800	56	33	52	55.9	33.0	52.8	0.3%	0.0%	1.5%
30713000	PORTA CEPILLO C/VENTOSA 13X7X8 CM HOME CLUB REF 2078	52006600	47	28	39	46.1	27.8	38.9	2.0%	0.7%	0.3%
31801002	CORTINA PLASTICA P/BANO 180X180 CM HOME CLUB LLANO REF F116	52007000	52	32	23	52.0	33.1	24.0	0.0%	3.3%	4.2%
130647000	FOCO LED 9W PRO LIGHTING LUZ DIA	53304000	62	32	24	61.9	33.2	23.0	0.2%	3.6%	4.3%

APÉNDICE D

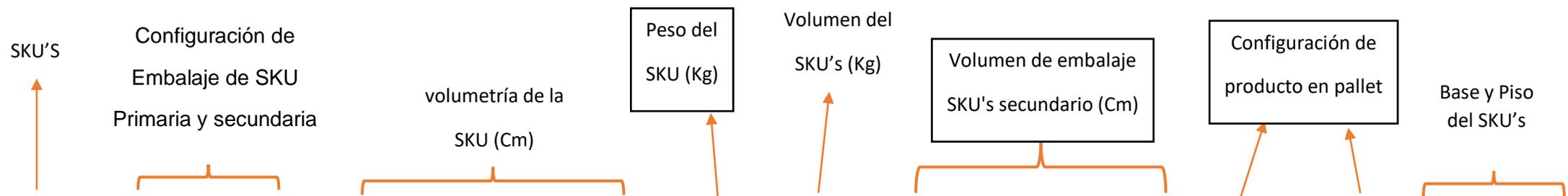
Muestreo de base y piso de los SKU's

Estadístico	Descripción	Ubicación	Data del sistema		Data muestreada		Error (%)	
			Base	Piso	Base	Piso	Base	Piso
140691002	DESINFECTANTE FABULOSO 1000 ML FLORAL	10207700	12	5	12	5	0%	0%
140691003	DESINFECTANTE FABULOSO 1000 ML LAVANDA	10313300	12	5	12	5	0%	0%
167070000	CREMA DENTAL COLGATE TRIPLE ACCION 75 ML X 3	10810900	11	7	11	7	0%	0%
258196000	ATUN LOMITOS EN ACEITE VAN CAMP'S 184 G A/F X 8	11004500	11	8	11	8	0%	0%
258195000	SARDINAS EN SALSA DE TOMATE VAN CAMP'S 425 G A/F	11006100	8	9	8	9	0%	0%
257354000	ATUN TUN TUN ACEITE GIRASOL REAL 80 G X 3 A/F	11006200	14	8	14	8	0%	0%
257352000	ATUN LOMITOS EN ACEITE GIRASOL ISABEL 80 G X 3 A/F	11006600	15	8	13	8	15%	0%
257351000	ATUN LOMITOS EN ACEITE GIRASOL ISABEL 160 G A/F	11011800	11	6	11	8	0%	25%
249527000	VINO TINTO MONT VALENTINO 750 ML CABERNET SAUVIGNON	11116900	30	5	30	5	0%	0%
249528000	VINO TINTO MONT VALENTINO 750 ML MERLOT	11206200	30	5	30	5	0%	0%
330546002	CAFFE LATO TONI TETRABRIK 250 CC CAPUCCINO	11512100	15	9	15	9	0%	0%
255048001	CEREAL CORN FLAKES MCDUGAL 360 G AZUCAR	11914600	6	5	6	5	0%	0%
257468000	ACEITE CRIOLLO 900 ML	12209700	13	5	13	5	0%	0%
257473000	ACEITE LA FAVORITA 1 L	12211800	10	5	10	5	0%	0%

133393000	MICROONDAS 20 L INDURAMA MWI-20BL	31202500	6	5	6	5	0%	0%
132586000	SANDUCHERA P/2 PANES HOMETECH	31406600	14	3	14	3	0%	0%
132686000	OLLA ARROCERA 1.5 L HOMETECH SURTIDO REF 150A	31407700	6	3	6	3	0%	0%
132547000	PLANCHA A VAPOR C/ROCIADOR HOMETECH	31409000	6	5	6	5	0%	0%
134205000	AURICULARES HOMETECH SURTIDO REF AP3	32003400	6	4	6	4	0%	0%
31801001	CORTINA PLASTICA P/BANO 180X180 CM HOME CLUB ESTAMPADO F116	32011700	7	7	7	7	0%	0%
167029000	CREMA DENTAL COLGATE TRIPLE ACCION 100 ML X 3	32110500	8	3	8	3	0%	0%
132544000	PLANCHA A VAPOR C/ROCIADOR OSTER	32504900	6	2	6	2	0%	0%
249531000	VINO TINTO MAJESTAD 750 ML CABERNET SAUVIGNON	32805800	15	5	15	5	0%	0%
255044003	CEREAL ARROZ CROCANTE MCDUGAL 360 G VAINILLA	32902900	6	5	6	5	0%	0%
257346000	ATUN LOMITOS EN ACEITE REAL 180 G A/F	33009000	11	4	11	4	0%	0%
330546001	CAFFE LATO TONI TETRABRIK 250 CC MOCACCINO	33102910	15	5	15	5	0%	0%
195137000	PISCINA ESTRUCTURAL 190X130X42 CM BESTWAY	50901700	6	15	6	15	0%	0%
195136000	PISCINA ESTRUCTURAL 228X159X42 CM BESTWAY	51001800	4	12	4	12	0%	0%
134214000	AURICULAR C/ESTUCHE HOMETECH SURTIDO REF A198	51505400	6	4	6	4	0%	0%
25189000	TAZA C/BOQUILLA 10 OZ DISNEY BABY DUMBO	52003800	5	3	5	3	0%	0%
30713000	PORTA CEPILLO C/VENTOSA 13X7X8 CM HOME CLUB REF 2078	52006600	9	4	9	4	0%	0%
31801002	CORTINA PLASTICA P/BANO 180X180 CM HOME CLUB LLANO REF F116	52007000	7	7	7	7	0%	0%
130647000	FOCO LED 9W PRO LIGHTING LUZ DIA	53304000	5	4	5	4	0%	0%

APÉNDICE E

Base de datos del sistema WMS con información completa del SKU's



SKU	PACKAGING	PACKING	LONG_UNIT	WIDTH_UNIT	HIGH_UNIT	WBGHT_UNIT	VOLUME_UNIT	LONG_PACKING	ANCHO_PACKING	ALTO_PACKING	PESO_PACKING	VOLUMEN_PACKING	BASE	FLOOR
20135000	12	72	5	3.11	30	0.0722	0.0004665	40	28	30	5.2	0.0336	10	3
20137000	4	36	5.16	2.83	22	0.0777	0.000321262	31	17	22	2.8	0.011594	15	6
20138000	36	36	13	15.5	1.6	0.075	0.0003224	39	31	10	2.7	0.01209	9	7
20139000	12	36	4.33	15.5	5	0.075	0.000335575	39	31	10	2.7	0.01209	9	7
20140000	12	36	4.33	15.5	7	0.0833	0.000469805	39	31	14	3	0.016926	9	3
20141000	36	36	13	15.5	1.6	0.075	0.0003224	39	31	10	2.7	0.01209	9	7
20142000	12	36	13	15.5	1.6	0.075	0.0003224	39	31	10	2.7	0.01209	9	5
20143000	36	36	6.5	10	6.5	0.09	0.0004225	39	30	13	3.24	0.01521	9	5
20144000	12	36	13	15.5	1.6	0.075	0.0003224	39	31	10	2.7	0.01209	9	5
20145000	1	1	1	1	1	1	0.000001	1	1	1	1	0.000001	1	1
20146000	24	360	29	39	0.17	0.0454	0.00019227	58	39	30	16.35	0.06786	5	3
20147000	24	360	29	39	0.17	0.0436	0.00019227	58	39	30	15.7	0.06786	5	2
20148000	24	72	2.44	12	14	0.0638	0.00040992	44	24	28	4.6	0.029568	8	2
20149000	24	72	2.44	12	14	0.075	0.00040992	44	24	28	5.4	0.029568	7	2
20150000	24	72	2.44	14	12	0.0583	0.00040992	44	28	24	4.2	0.029568	8	2
20151000	24	72	2.44	12	14	0.0638	0.00040992	44	24	28	4.6	0.029568	8	2
20152000	24	72	4.4	28	0.33	0.075	0.00040656	44	28	24	5.4	0.029568	7	2
20153000	24	72	2.44	14	12	0.0583	0.00040992	44	28	24	4.2	0.029568	8	2
20154000	24	24	5.16	7	12	0.1041	0.00043344	31	14	24	2.5	0.010416	15	6
20155000	24	24	5.16	7	12.5	0.075	0.0004515	31	14	25	1.8	0.01085	15	6
20156000	24	24	5.16	7	12.5	0.075	0.0004515	31	14	25	1.8	0.01085	15	6
20157000	24	24	5.16	8.5	12.5	0.0916	0.00054825	31	17	25	2.2	0.013175	13	3
20158000	24	24	35	30	1.25	0.25	0.0013125	35	30	30	5.9	0.0315	13	2
20159000	24	24	5	10	9	0.1458	0.00045	30	20	18	3.5	0.0108	16	5
20160000	6	24	7.5	7	9	0.0941	0.0004725	30	21	18	2.26	0.01134	20	4
20161000	24	24	5	10	7	0.0833	0.00035	30	20	14	2	0.0084	20	3
20162000	24	24	7.5	7	9	0.0941	0.0004725	30	21	18	2.26	0.01134	20	3

APÉNDICE F

Entrevistas con el personal del centro de distribución



Retroalimentación con el tutor



Zoom Meeting | No. 62 Meeting: Ronny Simbaña, Lina... | View Options

Alfonso Moreno | Kleber Barcia | Ronny Simbaña

RESULTADOS - SIMULACIÓN

ZONA	Pallet Completo Medio		Pallet Sólido Medio		Total Ubicaciones Medias		TOTAL		
	Incremento del %Ocupación	Reducción del espacio sub-utilizado (m3)	%Ocupación	Espacio Sub-utilizado (m3)	Incremento del %Ocupación	Reducción del espacio sub-utilizado (m3)	Incremento del %Ocupación	Reducción del espacio sub-utilizado (m3)	
PYLS3	43%	-373	23%	-405	32%	-777	10%	-777	324
POST	4%	-78	17%	-972	14%	-1,050	11%	-1,050	438
COMP1	8%	-138	24%	-668	17%	-806	10%	-806	336
		-589		-2,045		-2,634		-2,634	1,097

*Resultados del promedio diario de la simulación realizada durante [28/07/2022 ,26/08/2022]

Zoom Meeting | 62 | 15:41

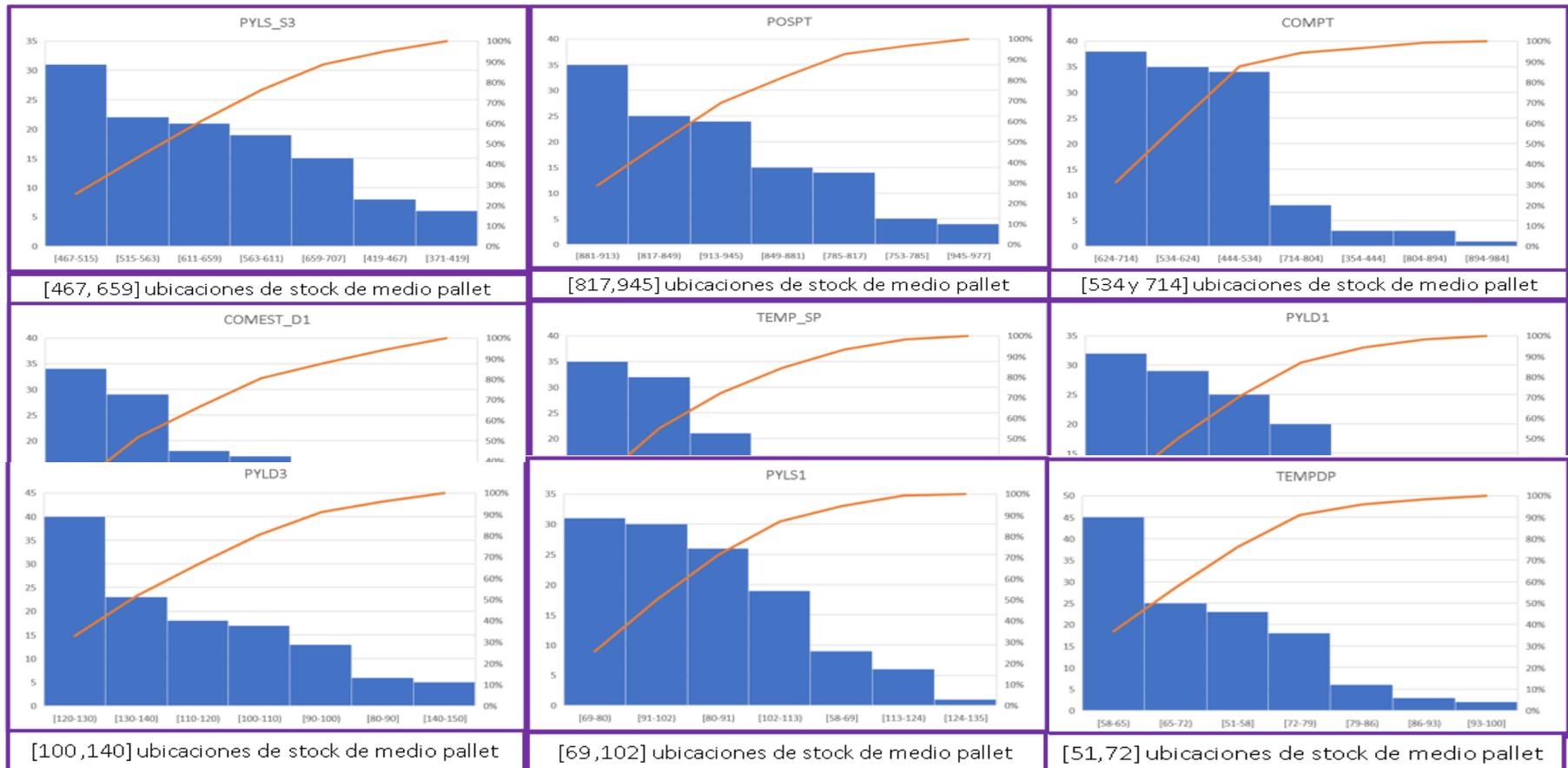
APÉNDICE G

Información obtenida del sistema WMS para la simulación

FECHA	ZONA	PALLET COMPLETO MEDIO		PALLET SALDO MEDIO		TOTAL MEDIO PALLET	PALLET COMPLETO NORMAL		PALLET SALDO NORMAL		TOTAL MEDIO PALLET	TOTAL	
		#Ubicaciones	Volumen almacenado (m3)	#Ubicaciones	Volumen almacenado (m3)	#Ubicaciones	#Ubicaciones	Volumen almacenado (m3)	#Ubicaciones	Volumen almacenado (m3)	#Ubicaciones	#Ubicaciones	Volumen almacenado (m3)
01/02/2022	COMEST_S1	23	14	44	17	67	408	549	82	87	490	557	668
01/04/2022	COMEST_S1	9	7	56	25	65	442	597	137	151	579	644	780
01/06/2022	COMEST_S1	2	1	55	21	57	477	628	82	81	559	616	731
01/07/2022	COMEST_S1	8	5	64	27	72	494	682	71	71	565	637	785
02/02/2022	COMEST_S1	22	13	46	19	68	410	553	87	92	497	565	677
02/03/2022	COMEST_S1	11	7	30	14	41	405	557	119	127	524	565	705
02/06/2022	COMEST_S1	2	1	48	18	50	463	611	75	75	538	588	705
03/02/2022	COMEST_S1	21	13	46	19	67	419	566	87	91	506	573	690
03/03/2022	COMEST_S1	12	8	28	14	40	388	531	112	121	500	540	673
03/05/2022	COMEST_S1	3	2	45	18	48	373	502	68	71	441	489	592
03/06/2022	COMEST_S1	2	1	54	22	56	490	643	87	87	577	633	753
04/01/2022	COMEST_S1	7	5	28	12	35	390	516	50	57	440	475	591
04/02/2022	COMEST_S1	19	12	49	21	68	440	590	81	84	521	589	707
04/03/2022	COMEST_S1	12	8	42	18	54	396	538	118	129	514	568	693
04/05/2022	COMEST_S1	3	2	67	27	70	407	546	80	82	487	557	657
04/07/2022	COMEST_S1	10	7	44	18	54	470	642	67	66	537	591	733
05/01/2022	COMEST_S1	7	5	28	13	35	395	527	52	60	447	482	604
05/04/2022	COMEST_S1	11	8	37	16	48	388	533	86	97	474	522	655
05/05/2022	COMEST_S1	3	2	63	23	66	383	516	65	65	448	514	606
06/01/2022	COMEST_S1	8	6	31	14	39	395	525	52	60	447	486	604
06/04/2022	COMEST_S1	11	8	37	16	48	413	567	102	115	515	563	706
06/05/2022	COMEST_S1	2	1	69	25	71	410	545	84	80	494	565	651
06/06/2022	COMEST_S1	2	1	38	15	40	439	577	79	78	518	558	672
07/01/2022	COMEST_S1	7	5	30	13	37	395	524	48	56	443	480	598
07/02/2022	COMEST_S1	15	10	32	14	47	370	499	70	75	440	487	598
07/03/2022	COMEST_S1	8	5	37	16	45	386	520	113	126	499	544	667
07/04/2022	COMEST_S1	11	8	48	19	59	443	598	117	131	560	619	756
07/06/2022	COMEST_S1	2	1	40	16	42	446	586	76	75	522	564	679
07/07/2022	COMEST_S1	13	8	42	18	55	495	675	75	74	570	625	775
08/02/2022	COMEST_S1	13	9	35	15	48	369	492	69	75	438	486	591
08/03/2022	COMEST_S1	8	5	41	18	49	398	528	111	124	509	558	674

APÉNDICE H

Diagramas de Pareto sobre la tendencia del número de ubicaciones por día



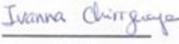
APÉNDICE I

Aprobación de la empresa

PROYECTO MATERIA INTEGRADORA-ESPOL
ACTA DE REUNIÓN ETAPA PROTOTIPADO

El día jueves 8 de septiembre del 2022 a la 13:30 se dio paso a una reunión, para revisar la etapa de prototipado proyecto integrador "Mejora en la ocupación de las ubicaciones de stock de la bodega central", tratando los siguientes puntos:

1. Situación actual de NOcupación.
2. Necesidad de ubicaciones de medio pallet.
3. Simulación del prototipo.
4. Métricas de resultados de la simulación.
5. Feedback con respecto al proyecto.

 _____ Guadalupe Vijián Gerente Centro de Distribución	 _____ Ivanna Chiriguaya Controller Logístico
 _____ Juan Cárdenas Gerente Centro de Distribución	 _____ Steven Carpio Jefe de Control Logístico