

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

“Diseño y simulación de la bodega de un centro de distribución para
Empresa de venta masiva de electrodomésticos de la ciudad de
Guayaquil”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

Ingeniera/o en Logística y Transporte

Presentado por:

Muñoz García Victoria Mercedes

Vergara Villacis Carlos Xavier

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres y a mi hermana por el apoyo y soporte que me brindaron a lo largo de toda mi carrera universitaria. A mis amigos que me impulsaron adelante en muchas ocasiones.

Finalmente le agradezco a Dios por permitirme cumplir este objetivo que ha costado muchos sacrificios.

Carlos Xavier Vergara Villacis

Agradezco profundamente a mi familia, quienes son el pilar e impulso que me motiva a seguir adelante. A mi mejor amigo y sus padres que estimo como si fueran míos, por el apoyo constante en cada etapa. A mis mejores amigas, que continuamente me animan y brindan su amistad sincera. A esos amigos que se convirtieron en familia. A Kevin por su cariño y soporte incondicional. Y sobre todo a Dios, por siempre darme la fuerza y voluntad que necesito para alcanzar mis metas.

Victoria Mercedes Muñoz García

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Carlos Vergara y Victoria Muñoz 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"



Carlos Vergara Villacis



Victoria Muñoz García

EVALUADORES

MSc. Carlos Ronquillo

PROFESOR DE LA MATERIA

MSc. Manuel Vera

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Un centro de distribución tiene como propósito integrar la compleja cadena de abastecimiento, un factor clave para el éxito de sus operaciones es la correcta distribución o *layout* de esta infraestructura. El objetivo del proyecto es realizar un buen *layout* que asegure la fluidez y productividad de la bodega de un centro de distribución. Disminuyendo la distancia total recorrida durante el proceso de *picking*, al clasificar la mercancía adecuadamente según su rotación. Lo cual mantendrá al centro de distribución operativo durante cualquier temporada del año, generando beneficios económicos y productivos para la empresa que lo administra. La problemática del centro de distribución fue identificada a través de la experiencia comentada por el personal a cargo y sus operarios. La información recopilada fue analizada en Excel para la clasificación ABC de la mercancía y posterior *layout* de la bodega. Validando el diseño propuesto con la construcción de un modelo de simulación en Flexsim. Priorizando el bienestar del personal y la mercancía se consideraron los requerimientos generales de las puertas corta fuegos detallados en la norma técnica ecuatoriana INEN 754:2013. El *layout* realizado aumentó la capacidad de almacenamiento de la bodega de 4000 a 6600 pallets. Y la clasificación ABC de la mercancía por su rotación disminuyó la distancia promedio recorrida durante el proceso de *picking* de 222 m a 193 m. Los cálculos fueron obtenidos de múltiples ejecuciones realizadas a dos modelos de simulación, uno con clasificación ABC y otro sin esta clasificación, ambos con un intervalo del 95% de confianza.

Palabras Clave: Preparación de pedidos, Logística, simulación, Clasificación ABC

ABSTRACT

The purpose of a distribution center is to integrate the complexity of the supply chain, and a key factor for the success of its operations is the correct distribution or layout of its infrastructure. The objective of the project is create a layout that ensures the fluidity and productivity of the warehouse of a distribution center. Reducing the total distance traveled during the picking process, classifying the goods properly according to its rotation. This will keep the operation of the distribution center during any season of the year, generating economic and productive benefits for the company that manages it. The problem of the distribution center was identified through the experience commented by the workers and the operators. The data was analyzed in Excel for the ABC classification of the goods, and subsequent the layout of the warehouse. Validating the proposed design with the construction of a simulation model in Flexsim. Prioritizing the welfare of personal and goods, the general requirements for fire doors detailed were considered by the Ecuadorian technical standard INEN 754:2013. The layout increased the storage capacity of the warehouse from 4000 to 6600 pallets. And the ABC Classification of the goods by rotation decreased the total distance traveled during the picking process from 222 m to 193 m. The results were obtained from multiple runs of two simulation models with a 95% confidence interval.

Keywords: *Picking process, Logistics, Simulation, ABC Classification*

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES	IV
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ABREVIATURAS	X
GLOSARIO	XI
SIMBOLOGÍA.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Marco teórico	4
1.4.1 Warehouse Layout Design for an Automotive Raw Material Supplier.....	4
1.4.2 Special Optimization Process for Warehouse Layout Design.....	4
1.4.3 Modeling and Simulation for the Operation Process of Cold-Chain Logistics Distribution Center Based on Flexsim.....	5
1.4.4 Simulación Flexsim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba ..	6
1.5 Marco conceptual	7
1.5.1 Cadena de Abastecimiento	7
1.5.2 Centro de Distribución	8
1.5.3 Consolidación de mercancía.....	8

1.5.4	Unidad de Carga.....	8
1.5.5	Zonas de un almacén	8
1.5.6	Sistema de almacenamiento.....	9
1.5.7	Nivel de stock	10
1.5.8	Rotación de inventarios	10
1.5.9	Muelle de un almacén.....	11
1.5.10	Flujo de mercancía	11
1.5.11	Equipos y máquinas.....	12
1.5.12	Layout de un almacén.....	12
1.5.13	Simulación	13
1.5.14	Rango.....	13
1.5.15	Variables aleatorias	13
1.5.16	Función de probabilidad.....	14
1.5.17	Función de distribución acumulativa	14
1.5.18	Distribuciones de probabilidad	14
1.5.19	Teoría de colas	15
1.5.20	Prueba de bondad de ajuste	16
1.5.21	Valor esperado	16
CAPÍTULO 2		17
2.	Metodología.....	17
2.1	Plan de Trabajo.....	17
2.2	Análisis de la información recopilada	19
2.2.1	Entrevistas semiestructuradas	19
2.2.2	Visita al centro de distribución provisional.....	23
2.2.3	Formulario electrónico	23
2.2.4	Registros históricos	24
2.3	Proceso de diseño.....	27

2.4	Layout de bodega del nuevo Centro de Distribución	27
2.4.1	Consideraciones del diseño	27
2.4.2	Zonificación de bodega.....	33
2.4.3	Zonificación de mercancía	33
2.4.4	Software utilizado para layout	34
2.5	Simulación del layout en Flexsim	34
2.5.1	Software utilizado para la simulación	34
2.5.2	Construcción de modelo de simulación.....	35
2.5.3	Distribuciones de probabilidad de variables del modelo.....	36
2.6	Consideraciones éticas y legales	37
CAPÍTULO 3		39
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	39
3.1	Layout de bodega en AutoCAD	39
3.2	Clasificación ABC según índice de rotación	40
3.3	Distribución de la mercancía según la clasificación ABC.....	42
3.4	Simulación del layout en Flexim	43
3.4.1	Modelo de simulación 3D.....	43
3.4.2	Validación del layout.....	44
3.4.3	Análisis comparativo	45
CAPÍTULO 4		47
4.	Conclusiones Y Recomendaciones	47
	Conclusiones	47
	Recomendaciones	48
BIBLIOGRAFÍA		50
APÉNDICES		51

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral
CEDI Centro de Distribución
SKU Unidad de Mantenimiento de Existencias

GLOSARIO

DEMANDA	Cantidad de mercancía solicitada por los clientes en un periodo de tiempo
MERCANCÍA	Bien o activo que una empresa destina para la venta
LAYOUT	Distribución de un centro logístico
FLEXSIM	Software simulador de procesos
STOCK	Cantidad de mercancía que hay en un almacén
RACK	Estantería para almacenamiento de mercancía
SKU	Código de barras único para cada mercancía
CEDI	Centro de distribución
PICKING	Proceso de preparación de un pedido
CLAMP	Tipo de montacarga que cuenta con dos placas paralelas entre sí para apretar la carga de forma lateral y posteriormente elevarla
REACH	Alcance
PALLET	Soporte o plataforma base para el apilamiento de la mercancía
HOLGURA	Distancia entre dos pallets consecutivos

SIMBOLOGÍA

m	Metro
m^3	Metro cúbico
λ	Lambda
lb	Libra
kg	Kilogramo
km	Kilómetro

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 2.1: Cronograma de Actividades	19
Ilustración 2.2: Categoría Laptops	25
Ilustración 2.3: Medidas de Pallets del nuevo CEDI	32
Ilustración 3.1 Layout de zona de almacenamiento del nuevo CEDI	40
Ilustración 3.2 Distribución de mercancía en bodega del nuevo CEDI.....	43
Ilustración 3.3 Modelo 3D de layout propuesto	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Configuración de Bodega del CEDI anterior	20
Tabla 2.2 Clasificación de mercancía por calidad.....	21
Tabla 2.3 Muelles del CEDI anterior	22
Tabla 2.4 Sistema de almacenamiento de Marca 1	22
Tabla 2.5 Equipos y máquinas de CEDI anterior	23
Tabla 2.6 Configuración de bodega del nuevo CEDI	28
Tabla 2.7 Política de reaprovisionamiento del CEDI.....	29
Tabla 2.8 Lead time de mercancía importada durante el 2021	30
Tabla 2.9 Equipos y máquinas de nuevo CEDI	31
Tabla 3.1 ABC de Marca 1 en racks	41
Tabla 3.2 ABC de Marca 1 en piso	41
Tabla 3.3 ABC de Marca 2 en racks	42
Tabla 3.4 ABC de Marca 2 en piso	42
Tabla 3.5 Costo de GLP por Montacarga (Mensual)	46
Tabla 4.1 Características necesarias para instalación de Flexsim.....	49

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de una empresa es directamente proporcional al crecimiento de la demanda. A medida que esta se desarrolla y gana mayor espacio en el mercado sus niveles de venta suben, convirtiéndose en un desafío aumentar la producción eficientemente, es decir, evitando que los costos de operación se eleven. Este aumento considerable se puede dar por diferentes factores, entre ellos, la necesidad de alquilar bodegas externas para almacenar la mercancía y ser capaces de responder a la demanda. Consecuentemente, aumentan los costos de transporte por los múltiples viajes que deben realizarse al no tener consolidada toda la mercancía en un mismo lugar.

Debido a lo mencionado anteriormente, es necesario contar con un Centro de Distribución (CEDI) para realizar este proceso de consolidación. El CEDI es definido como el lugar más activo cuyo propósito es integrar la compleja cadena de abastecimiento, la constante movilidad que conlleva esta infraestructura demanda una minuciosa optimización, tanto de los recursos como de las operaciones en su interior (Revista Logistec, 2011). Un factor clave para el éxito de estas operaciones es la correcta distribución o *layout* de este.

El objetivo de este proyecto es realizar un buen *layout*, que contribuya a la correcta realización de sus procesos, asegurando que todas las operaciones se den de manera fluida y productiva. Específicamente los procesos de almacenamiento y *picking*, realizando una clasificación adecuada de su mercancía y expandiendo el área de *picking*.

Se pretende comprobar la eficacia de lo propuesto con la simulación del *layout*. Brindando visibilidad del funcionamiento del CEDI en una interfaz visual y proporcionando a la empresa información necesaria para la toma de decisiones en cuanto a la estructura planteada, dándoles la facilidad de realizar modificaciones en caso de ser necesario.

1.1 Descripción del problema

Luego de analizar la productividad del CEDI principal que perdieron en un lamentable incendio, la empresa busca mejorar sus operaciones con un buen *layout* para la bodega de su nuevo CEDI, que tenga la misma funcionalidad, realizando de forma adecuada los procesos de *picking* y almacenamiento. Los problemas presentados en estos procesos se detallan a continuación.

La zona de *picking* del CEDI anterior era de 50 m^2 , esto impedía que la operación se diera con fluidez, al tener que despachar pedidos voluminosos de mercancía con grandes dimensiones, tales como: neveras, lavadoras, cocinas, entre otros. Por otro lado, el almacenamiento de la mercancía se realizaba por tipo de mercancía, no existía una clasificación por rotación o volumen de venta, que ahora solicitan como requisito en el diseño. Esto ocasionaba que la asignación de ubicaciones sea manual, y no considere el efecto que tiene esta decisión en el desarrollo de las actividades posteriores a este proceso.

La empresa requiere que estos problemas sean resueltos con el *layout* de la bodega del nuevo CEDI. Lo cual será validado a través de la simulación de la futura operación de las instalaciones.

1.2 Justificación del problema

Un diseño de *layout* óptimo trae consigo beneficios productivos y económicos. Al tratarse de una empresa que comercializa electrodomésticos de forma masiva, hay temporadas altas del año en las que generalmente los niveles de venta alcanzan un monto mucho superior a la media, y por consiguiente sus ingresos aumentan. El CEDI debe estar totalmente operativo siempre, especialmente en estas temporadas para realizar los envíos dentro del tiempo de entrega establecido, manteniendo el nivel de servicio y satisfaciendo al cliente.

Por tanto, para que la empresa esté siempre operativa durante cualquier temporada y obtenga el máximo beneficio posible es necesario que antes sus procesos de *picking* y almacenamiento sean realizados adecuadamente.

Cabe destacar que este proyecto hará un aporte clave a la empresa, con el diseño y simulación de su nuevo CEDI, que le permitirá deshacerse de la problemática antes presentada y validar si el *layout* optimiza los procesos, mientras se mantiene el flujo de las operaciones.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Diseñar la bodega de un centro de distribución verificando la eficiencia de sus procesos mediante simulación matemática, para un adecuado funcionamiento de las zonas de *picking* y almacenamiento de una empresa de venta masiva de electrodomésticos ubicada en la ciudad de Guayaquil.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado de necesidades y problemas del centro de distribución para el conocimiento de los procesos en conflicto.
- Levantar información correspondiente a los procesos en conflicto dentro del centro de distribución para su respectivo entendimiento y análisis.
- Diseñar el *layout* del centro de distribución para el correcto almacenamiento y distribución de las mercancías.
- Validar el diseño mediante la estimación de la distancia total recorrida en el proceso de *picking* usando un software de simulación para asegurar la eficacia del diseño.

1.4 Marco teórico

Este proyecto toma como referencia cuatro trabajos relacionados que se presentan a continuación.

1.4.1 Warehouse Layout Design for an Automotive Raw Material Supplier

N. Phumchusri & Kitpipit (2017) dividen el proceso de diseño de *layout* en dos fases, en la primera agrupa las mercancías por categorías, y en la segunda se encarga del diseño de la distribución, delimitando cada zona y realizando la asignación de mercancías por su nivel de rotación según los requisitos y políticas propias de la empresa.

Establecen tres formas de asignar las mercancías, una de forma aleatoria sin tomar en cuenta la rotación, otra basada en la rotación y la última por volumen de ventas basándose en la clase de la mercancía. Llegando a la conclusión de que la asignación basada en la rotación tiene el menor tiempo de viaje, mientras que la asignación basada en la clasificación o categorización puede reducir en cambio, el tiempo total de la operación. Siendo esta la más práctico y viable.

Parte de lo que se quiere lograr con este proyecto es obtener la distancia total recorrida en el proceso de *picking* luego de realizar una adecuada clasificación de la mercancía por rotación para verificar el layout propuesto. Este autor argumenta que al realizar una correcta asignación de la mercancía basada en la rotación los tiempos de viaje se reducen. Lo cual valida la factibilidad de la metodología escogida para el diseño de la bodega del CEDI.

1.4.2 Special Optimization Process for Warehouse Layout Design

Kovács (2021) considera que el número de alternativas al momento de diseñar un *layout* es enorme y en consecuencia es muy difícil evaluarlas todas ya que no existe un procedimiento uniforme y estándar. El *layout* “ideal” depende de lo que desea conseguir o mejorar quien lo elabora.

Proponen 3 pasos para definir el *layout* “ideal”. Primero, crear diseños de *layout* alternativos tomando en consideración las restricciones y limitaciones de la empresa. Segundo, reducir este gran número de alternativas de diseño mediante un método heurístico y una iteración continua. Por último, comparar entre sí el número reducido de alternativas resultantes y seleccionar la “ideal” con base en la función objetivo más importante definida en el modelo de búsqueda implementado en el segundo paso.

El autor de este trabajo resalta que las necesidades del cliente siempre serán las que fundamenten el conjunto de pasos a seguir para la realización del *layout*. ¿Qué se quiere obtener?, ¿qué se desea priorizar u optimizar?, tener claros estos requerimientos, ayuda de manera significativa a agilizar el proceso de diseño.

Para este proyecto, se tomará como base la idea general que aporta el autor. En la que establece cuán importante es seguir los requerimientos del cliente.

1.4.3 Modeling and Simulation for the Operation Process of Cold-Chain Logistics Distribution Center Based on Flexsim

Zhongxiang He, Xiaomin Zhu, and Junyang Li (2014) mencionan que debido a la complejidad de algunos procesos no es posible analizarlos y optimizarlos utilizando el método analítico, en estos casos la simulación permite mostrar el estado específico, descubrir cuellos de botella y recursos ociosos en el sistema. Mencionan que para la simulación de procesos de producción - fabricación, almacenamiento y entrega, es recomendable la utilización del software Flexsim, un modelo de operación para realizar

experimentos de simulación y optimizar un sistema proporcionando datos originales.

Sugieren que el proceso para una simulación adecuada es el siguiente. Primero, examinar el sistema y determinar los objetivos de simulación; Segundo, obtener los datos básicos relacionados al sistema; Tercero, construir el modelo del sistema, es decir, definir con precisión el proceso mediante diagramas de flujo o un diagrama de red; Cuarto, construir el modelo de simulación en la plataforma en la que se desarrollará el software; Quinto, determinar si el modelo describe con precisión todo el sistema; Sexto, simulación y ejecución; Y por último, obtención de la salida del modelo y análisis de los resultados de la simulación.

Los autores enfatizan que la metodología antes mencionada permite que la simulación sea organizada, sistemática y que asegure buenos resultados. Los pasos definidos por los autores para el correcto proceso de una simulación son una guía útil y organizada que se adaptará a este proyecto.

1.4.4 Simulación Flexsim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba

Díaz Martínez, Zárate Cruz, Román Salinas (2018) proporcionan al lector un conjunto de pasos a seguir para el manejo del software Flexsim, donde paso a paso detallan la terminología y herramientas que provee el software de simulación, resaltando la función que cumple cada objeto dentro del ambiente de trabajo de Flexsim, además de hacer una breve explicación de los resultados, la forma en que se los presenta y recordando las condiciones necesarias para obtener una inferencia válida.

Los autores plantean y construyen un modelo básico de estaciones de prueba en el que resaltan la necesidad de la meticulosidad al momento del

levantamiento de la información, tratando de ser lo más cercanos posible al caso de estudio. Empleando diagramas de flujo organizan toda la información referente a su caso de estudio y definen cada uno de los objetos que son requeridos para el modelo, además de describir cómo serán interconectados y configurados.

Este trabajo concluye que la implementación de softwares de simulación facilita el proceso de toma de decisiones, mejorando así el proceso simulado, resaltando de forma especial al software simulador Flexsim, el cual es la herramienta central de este trabajo.

Como podemos observar, los autores resaltan la importancia y necesidad del uso de softwares de simulación en cualquier sector que siga un determinado proceso para visualizar escenarios antes de implementarlos. Este trabajo confirma que el software simulador escogido para el caso de estudio es una alternativa innovadora en lo que respecta a la simulación de procesos. Flexsim permitirá observar las operaciones del centro de distribución antes de ser implementado con el objetivo de validar la propuesta del *layout* realizado.

1.5 Marco conceptual

1.5.1 Cadena de Abastecimiento

Conjunto de operaciones indispensables para que el bien o servicio llegue o se brinde al cliente final en óptimas condiciones. En la cadena de abastecimiento se realizan distintas actividades como lo son compras, inventarios, gestión de existencias, transporte y mantenimiento. En ellos participan los actores: proveedores, fabricantes, transportistas, mayoristas, minoristas, clientes, y consumidor final.

1.5.2 Centro de Distribución

Instalación logística situada cerca de las zonas de servicio, en la cual los proveedores entregan la mercancía ordenada para ser consolidada y posteriormente despachada a los clientes (Cempírek et al. 2021). Contribuyen positivamente a la mejora de eficiencia y reducción de costos, manteniendo el nivel de servicio.

1.5.3 Consolidación de mercancía

Consiste en la agrupación de diferentes tipos de mercancía en un punto específico para su posterior distribución. Esta actividad permite la reducción de costos de transporte y tiempo al hacer factible la distribución de múltiples productos desde una misma ubicación, en lugar de realizar una mayor cantidad de entregas desde cada uno de los puntos de fabricación.

1.5.4 Unidad de Carga

Es la unidad básica de almacenamiento manipulada dentro del CEDI, es decir, el conjunto de mercancía que es embalada en un solo bloque.

1.5.5 Zonas de un almacén

Zona de Recepción

Zona destinada para colocar las unidades de carga que se desembarcan de los camiones, realizar identificación y control de calidad. Al completar este proceso de recepción las unidades de carga están listas para ingresar a la zona de almacenamiento.

Zona de Almacenamiento

Zona destinada a retener las mercancías desde que son recibidas en el almacén o CEDI hasta que inicia el proceso de despacho. En esta zona puede haber dos modalidades de almacenamiento, en estanterías o al nivel del piso. Las estanterías pueden tener distintas características dependiendo de la carga manipulada, pero el almacenamiento a nivel de piso es un área llana que mantiene sus características básicas sin importar la naturaleza de la mercancía almacenada.

Zona de Picking

Zona destinada a la preparación de pedidos, usualmente ubicada cerca de los muelles de despacho y a nivel del piso para que el operador pueda acceder al producto de manera rápida y sin necesidad de montacargas. En cuanto es necesario la preparación de un pedido, los operadores se acercan a la zona de *picking* y toma de la ubicación únicamente las cajas necesarias para la preparación del pedido.

Zona de Despacho

Zona donde se encuentran los pedidos preparados y las unidades de carga se consolidan en el camión de despacho. Esta zona está ubicada a la altura de los muelles de despacho y es donde los pedidos preparados por los operadores son colocados. Dentro de esta área los pedidos preparados son ubicados específicamente a la altura del muelle por el cual se cargará el camión.

1.5.6 Sistema de almacenamiento

Es el proceso de colocar la mercancía o unidad de carga sobre estanterías para optimizar el espacio del almacén o CEDI. Las estanterías son estructuras independientes que generalmente están fijadas al suelo, pero

también pueden ser fijadas al techo, dependiendo de lo que se almacenará. Entre los sistemas de almacenamiento más comunes tenemos; el uso de estanterías selectivas y el uso de estanterías de doble profundidad.

Estantería Selectiva

También llamadas estanterías convencionales, permiten acceder a todas las unidades de carga en cualquier momento gracias a que cada ubicación puede almacenar una unidad de carga y cada ubicación linda con pasillo. Son estructuras adaptables a las dimensiones y peso de las unidades de carga.

Estantería de Doble Profundidad

Son estanterías en las que se puede almacenar dos unidades de carga. Para implementar este tipo de estanterías se debe contar con montacargas especiales capaces de alcanzar la unidad de carga almacenada en la parte posterior de donde está ubicada.

1.5.7 Nivel de stock

Es la cantidad física disponible de la mercancía en un determinado periodo de tiempo. Es importante definir un nivel óptimo de stock para cada mercancía basado en la demanda, con el fin de evitar faltantes o exceso de inventario.

1.5.8 Rotación de inventarios

Es el número de veces que es necesario reaprovisionarse de una mercancía en un periodo de tiempo, es decir, que tan rápido sale un SKU del almacén o CEDI debido a su demanda.

1.5.9 Muelle de un almacén

Son los espacios dentro del almacén o CEDI dedicados a realizar la carga y descarga de mercancía de los camiones. La cantidad de muelles en un centro de distribución es un factor clave para que las operaciones se den con fluidez, un número de muelles no acorde con el volumen de camiones que necesitan ser atendidos conlleva a dos posibles escenarios.

Exceso de camiones con pocos muelles a disposición, que puede obstaculizar la realización de múltiples operaciones de carga y descarga en simultáneo. Y el exceso de muelles con pocos camiones por despachar, que provoca una subutilización de las instalaciones.

1.5.10 Flujo de mercancía

Es la estrategia o ruta que seguirá la mercancía, desde el momento de su recepción hasta su posterior despacho. Para definir el flujo es necesario considerar la naturaleza de la mercancía manipulada, así como también, todas las operaciones a las cuales debe ser sometida durante su permanencia en el almacén o CEDI.

Flujo en U

Este tipo de flujo ubica los muelles de recepción y los de despacho en el mismo frente del almacén o CEDI, pero en extremos opuestos. Para la implementación de este tipo de flujo se debe colocar la mercancía con mayor rotación cerca de los muelles de despacho.

Flujo en forma de T

Es una variación del flujo en U, los muelles de recepción y despacho están en caras opuestas del almacén o CEDI, de frente uno con otro, la

mercancía ingresa por el muelle de recepción dando la vuelta al almacén formando un T, y sale por el muelle de despacho que está en el frente opuesto.

Fujo en línea recta

Para este tipo de flujo, los muelles de recepción y despacho están en frentes opuestos del almacén o CEDI, la mercancía ingresa por el muelle de recepción y avanza en línea recta hasta el muelle de despacho que está en el frente opuesto. Todas las operaciones se realizan entre estos dos muelles.

1.5.11 Equipos y máquinas

Montacarga

Es un vehículo de tracción impulsado por combustible o energía eléctrica, capaz de elevar, mover, y colocar cargas pesadas. El montacargas es utilizado usualmente para procesos de almacenamiento, pero puede ser usado también para cargar mercancía a los camiones en el proceso de despacho, y también ayudar en la descarga de mercancía durante el proceso de recepción.

Transpaleta

Es un vehículo de tracción impulsado manual o eléctricamente, capaz de mover la carga a nivel del suelo, y colocar cargas pesadas. Este equipo es utilizado usualmente para los procesos de *picking* y descarga.

1.5.12 Layout de un almacén

Detalla como estarán distribuidas las zonas destinadas a cada actividad y dónde estarán ubicadas las mercancías dentro del almacén. Un buen diseño de *layout* debe estar alineado con el tipo de mercancía manipulada y la rotación de cada SKU.

1.5.13 Simulación

Es una herramienta que facilita la toma de decisiones mediante la representación de un proceso. Esta representación permite evaluar distintas alternativas de como funcionaria un proceso, sin incurrir en los costos de implementación.

Los softwares de simulación se centran en la obtención de datos cuantitativos relacionadas con el proceso descrito, sin embargo, existen algunos softwares que acompañan esto con una interfaz gráfica que muestra el proceso en 2D o incluso en 3D.

1.5.14 Rango

Es el conjunto de todos los valores que puede tomar la muestra, para su obtención se utiliza la fórmula especificada en la ecuación 1.1, donde x_{max} y x_{min} representan los valores máximo y mínimo que puede tomar la variable X.

$$R_x = x_{max} - x_{min} \quad (1.1)$$

1.5.15 Variables aleatorias

Una variable aleatoria es una función que asume sus valores de acuerdo con los resultados de un experimento aleatorio. Una variable aleatoria X es una función cuyo dominio es el espacio muestral S y cuyo rango R_x , es un subconjunto de los números reales.

Si el rango de valores R_x de la variable aleatoria X es finito o infinito numerable entonces se dice que es una variable aleatoria discreta. Si su rango de valores R_x es infinito no numerable entonces se dice que es una variable aleatoria continua.

1.5.16 Función de probabilidad

Es una función que muestra cual es la probabilidad de que la variable aleatoria tome un valor en específico. Si X es una variable aleatoria discreta con rango de valores R_x entonces, su función de probabilidad se define por la ecuación 1.2.

$$p(x) = P[X = x], \text{ donde } p(x) > 0 \text{ y } \sum p(x) = 1, x \in R_x \quad (1.2)$$

1.5.17 Función de distribución acumulativa

Sea X una variable aleatoria discreta con función de probabilidad $p(x)$ y rango de valores R_x , entonces su función de distribución acumulativa se define por la ecuación 1.3.

$$F(x) = P(X \leq x) = \sum_{X \leq x} p(x) \quad (1.3)$$

1.5.18 Distribuciones de probabilidad

Distribución Exponencial

Es una distribución continua utilizada para la representación de tiempos de espera en cola hasta que suceda un evento determinado. Una variable aleatoria continua X tiene una distribución exponencial con parámetro $\lambda > 0$ y su función de densidad viene dada por la ecuación 1.4 para $x \geq 0$. La función acumulada de la distribución exponencial está dada por la ecuación 1.5.

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \quad (1.4)$$

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad (1.5)$$

Distribución de Poisson

Es una distribución discreta que muestra la probabilidad de que una determinada situación se repita una cierta cantidad de veces en un periodo de tiempo.

Una variable aleatoria discreta X tiene una distribución Poisson definida por la función de probabilidad mostrada en la ecuación 1.6 donde k es el número de ocurrencias del evento. El parámetro $\lambda > 0$ representa el número de veces que se espera que ocurra el fenómeno durante un intervalo de tiempo.

$$P[X = k] = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!} \quad (1.6)$$

Distribución Normal

Es una distribución en la cual las desviaciones estándar sucesivas con respecto a la media establecen datos de referencia que ayudan a estimar el porcentaje de observaciones de los datos. Estos datos de referencia son usados como base para las pruebas de hipótesis. Su función de densidad de probabilidad está definida por la ecuación 1.7. Donde μ representa la media, y σ la varianza de la variable x .

$$f(x) = \frac{e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}}{\sqrt{2\pi}\sigma} \quad (1.7)$$

1.5.19 Teoría de colas

Es el estudio de las líneas de espera o “colas” en un sistema. Estudio que tiene como objetivo el análisis de situaciones en las que un servicio no puede ser satisfecho de manera inmediata y existen múltiples individuos que demandan el servicio. Estas “colas” se presentan cuando una persona llega a un lugar para recibir un servicio específico y el servidor no está disponible en el momento de su llegada, haciendo que se forme una línea de espera para todos quienes lleguen después de esta persona y quienes hayan llegado antes y no han sido atendidos todavía.

La teoría de colas estudia los diferentes casos en los que se podrían dar las líneas de espera y provee modelos matemáticos para describirlas. Proporcionando información relevante que ayude a minimizar o controlar las “colas”.

1.5.20 Prueba de bondad de ajuste

Esta prueba permite verificar si una distribución de probabilidad es la que mejor de ajusta o la que mejor representa un conjunto de datos. A través de esta prueba es posible predecir el comportamiento de la variable aleatoria analizada, según el conjunto de datos del estudio que se esté realizando. Para hacer inferencias sobre una población se usa un subconjunto llamado “muestra” que caracteriza esta población. Sea X : variable aleatoria poblacional, $f_0(x)$ la distribución de probabilidad especificada o supuesta para X . Se desea probar la hipótesis:

$$H_0: f(x) = f_0(x).$$

$$H_1: f(x) = \neg f_0(x) \text{ (negación de } H_0)$$

1.5.21 Valor esperado

Es la suma de las probabilidades de que un evento aleatorio suceda, multiplicado por el valor del evento aleatorio. Sea X una variable aleatoria discreta con función de probabilidad $p(x)$ y rango de valores R_x , entonces su Valor Esperado o Media se define como el número: $\mu = E(X) = \sum_x xp(x)$, la suma es sobre todos los valores x que están en R_x .

Si X es una variable aleatoria continua, la variable toma infinitos valores. El equivalente continuo de la suma es la integral:

$$\mu = E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} xp(x)dx$$

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Este capítulo detalla el proceso realizado para alcanzar los objetivos establecidos en el proyecto. Primero, se analizó la información obtenida de las entrevistas semiestructuradas con personas claves del CEDI, que se complementaron con una visita a las instalaciones provisionales con las que cuentan y los datos históricos de aprovisionamiento y despacho recopilados. Esto permitió identificar los aspectos que generaban conflicto en las zonas de *picking* y almacenamiento al conocer cómo funcionaba el CEDI anterior de la empresa. Luego de esto, se empezó con la clasificación de la mercancía por su rotación para posteriormente proceder con el *layout* de la bodega que permitirá mejorar la operación de las zonas en las que se centra la problemática. Para finalizar, se realizó el modelo de simulación del *layout* propuesto, su ejecución y posterior validación.

2.1 Plan de Trabajo

A continuación, se detallan las actividades realizadas para el cumplimiento de los objetivos planteados en el proyecto. En la Ilustración 2.1 se establece mediante un Diagrama de Gantt el periodo de tiempo de cada actividad.

1. Levantamiento de información de procesos a mejorar

1.1 Reunión introductoria con personal de la empresa para conocimiento de la problemática a resolver.

1.2 Visita a las instalaciones del centro de distribución provisional para diagnosticar las necesidades y requerimientos de la empresa.

1.3 Segunda reunión con personal de la empresa para conocimiento de los procesos del CEDI anterior, y solicitar la data de aprovisionamiento y despacho de los últimos 3 años de funcionamiento para la clasificación de la mercancía por su rotación.

2. Análisis de información levantada

2.1 Preparación y análisis de la data en Excel.

2.2 Categorización de productos.

2.3 Cálculo de índice de rotación.

2.4 Clasificación de la mercancía según su rotación.

3. Elaboración de layout del centro de distribución

3.1 Análisis de consideraciones del diseño.

3.2 Distribución del espacio de la bodega para cada zona de operación.

3.3 Distribución de secciones dentro de la zona de almacenamiento en *racks*.

3.4 Distribución de mercancía en secciones de almacenaje según su índice de rotación.

4. Simulación del diseño propuesto

4.1 Construcción de modelo 3D de simulación.

4.2 Adaptación del modelo a la realidad.

4.3 Simulación y ejecución.

5. Análisis de resultados y validación de diseño

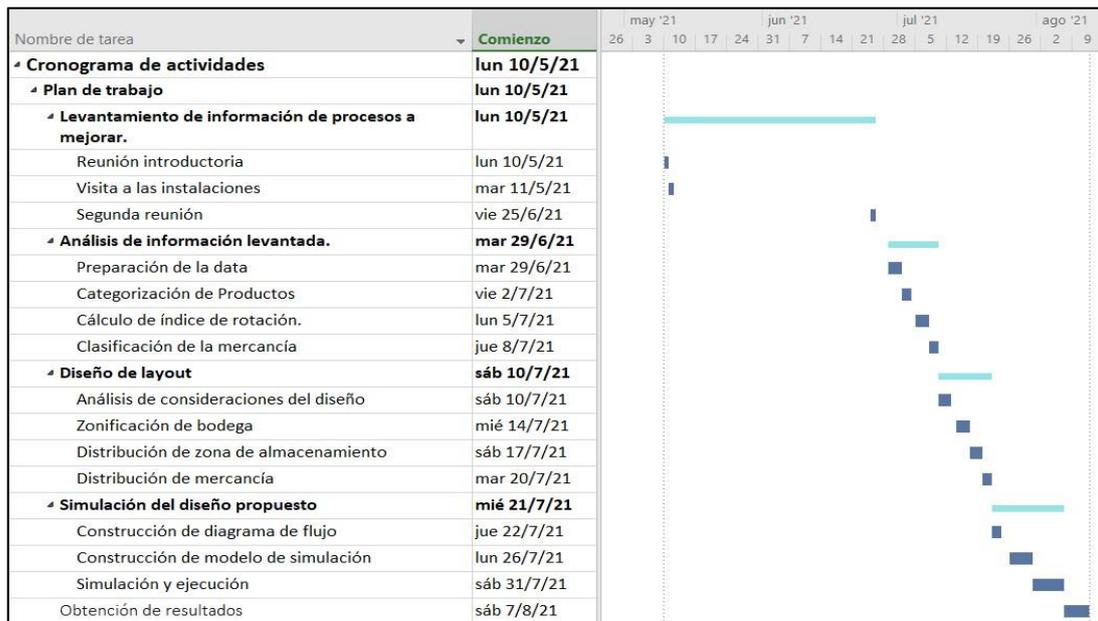


Ilustración 2.1: Cronograma de Actividades
[Fuente: Los autores. Elaboración: Autoría propia]

2.2 Análisis de la información recopilada

La recopilación de información se realizó a través de diferentes modalidades, a continuación, se menciona cada una de ellas y los resultados obtenidos.

2.2.1 Entrevistas semiestructuradas

Con la finalidad de obtener información relacionada con el proceso de las operaciones dentro del CEDI anterior, se realizaron entrevistas virtuales y presenciales con personal clave de la empresa dentro del área de estudio. Entre los entrevistados estuvo la Jefa de Proyectos¹ de la empresa, el Jefe de la Bodega y los Supervisores de los procesos de Recepción y Despacho.

La entrevista con la Jefa de Proyectos fue una introducción al problema mediante la explicación de la necesidad de este proyecto y la revelación de aspectos generales de la operación de la empresa. Las respuestas obtenidas

¹ Por motivo de confidencialidad los nombres de las personas entrevistadas no han sido colocados en el documento.

durante la entrevista brindaron una visión general de la problemática y el funcionamiento del CEDI anterior.

Con el objetivo de definir la problemática se efectuó una segunda entrevista, en esta ocasión con el Jefe de Bodega y los Supervisores de Recepción y Despacho durante la cual se solicitó una explicación detallada de las actividades que se llevan a cabo desde que ingresa la mercancía hasta su despacho. De esta última entrevista se obtuvieron puntos claves respecto al flujo de la mercancía y la configuración del CEDI anterior, información base para el *layout* a realizar posteriormente.

Zonificación y configuración del CEDI anterior

El centro de distribución con el que contaba la empresa estaba conformado por 6 zonas, entre ellas la bodega que es el área de estudio de este proyecto, además del área administrativa, comedor, patio de maniobra, área de servicio técnico y la zona de parqueo.

El área de la bodega era de 7000 m^2 repartidos entre las dos marcas que comercializa la empresa como se observa en la Tabla 2.1. La capacidad de esta área era de 4000 pallets para el almacenaje de la mercancía en racks. Las medidas de los pallets utilizados para almacenar eran de 1,10 m x 1,20 m con su respectiva holgura.

Tabla 2.1
Configuración de Bodega del CEDI anterior
[Fuente: Datos proporcionados por la empresa. Elaboración: Autoría propia]

Área	Volumen
Total	7000 metros cuadrados
Marca 1	4500 metros cuadrados
Marca 2	2500 metros cuadrados

Clasificación de la mercancía

La clasificación de la mercancía en la bodega se realizaba por tipo de familia de mercancía; por ejemplo, se agrupaban todas las cocinas, todos los aires acondicionados, etc. Dentro de esta clasificación general,

cada marca comercializada manejaba una subclasificación por calidad la cual consistía en agrupar la mercancía en tres diferentes clases. La Marca 1 tenía mercancía de clases “A”, “B” y “Dar de baja”, y la Marca 2 de clases “A”, “Z” y “O”. En la Tabla 2.2 se describe cada clase especificando la marca a la que pertenece.

Tabla 2.2
Clasificación de mercancía por calidad
[Fuente: Datos proporcionados por la empresa. Elaboración: Autoría propia]

Marca	Clase	Descripción
Marca 1	A	Mercancía de paquete (nueva)
	B	Mercancía funcional con falla estética
	Dar de Baja	Mercancía que será desechada
Marca 2	A	Mercancía de paquete (nueva)
	Z	Mercancía no operativa (no vale)
	O	Mercancía funcional, pero con falla (defectuosa)

Flujos de entrada y salida de mercancía

Las entradas al CEDI eran de mercancía importada y local, la cual es denominada como comercial o voluminosa según su tamaño y peso. La empresa define como comercial a toda la mercancía pequeña, como microondas, televisores y radios, pero también a elementos grandes y poco pesados como los colchones. Por otro lado, electrodomésticos grandes y pesados como refrigeradores, cocinas y lavadoras son considerados como mercancía voluminosa.

Las salidas se realizaban dos veces por semana hacia bodegas fuera de la ciudad de Guayaquil y tres veces por semana hacia agencias locales y entregas a domicilio. Tanto entradas como salidas de mercancía eran realizadas desde los muelles de la bodega, 14 en total y cada uno utilizado para un fin específico como se detalla en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3*Muelles del CEDI anterior***[Fuente: Datos proporcionados por la empresa. Elaboración: Autoría propia]**

Muelle	Uso	Tipo de vehículo utilizado
1, 2, 3 y 4	Recepción de Marca 1	Contenedores
5 y 6	Despacho a bodegas regionales (Marca 1)	Camiones
7	Entrega de mercancía a cliente en mano (Marca 1)	Producto en mano
8, 9 y 10	Despacho para agencias y entregas a domicilio (Marca 1)	Furgones
11 y 12	Recepción de Marca 2	Contenedores
13 y 14	Despacho de Marca 2	Contenedores

Recursos

Entre los recursos con los que contaba la bodega del CEDI anterior están el sistema de almacenamiento utilizado, además de los equipos y máquinas usados durante la operación.

- **Sistema de almacenamiento**

Para el almacenamiento de la mercancía perteneciente a la Marca 1 se utilizaban dos tipos de estanterías para la mercancía comercial, *racks* especiales para almacenar las motos y *racks* de doble profundidad para lo demás. Ambos con diferentes sistemas de sujeción y número de niveles como se observa en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4*Sistema de almacenamiento de Marca 1***[Fuente: Datos proporcionados por la empresa]****[Elaboración: Autoría propia]**

Tipo de Rack	Sistema de Sujeción	# Niveles
Doble profundidad	Anclado	5 niveles
Racks para motos	Anclado	Piso y dos niveles

La mercancía de la Marca 2 no era almacenada en *racks*. La mercancía voluminosa de esta marca se colocaba a nivel de piso y la comercial era colocada en una estructura metálica con dos niveles en la bodega.

- **Equipos y máquinas**

En la Tabla 2.5 se detallan los equipos y máquinas con los que contaba la bodega. Generalmente, el uso de *clamps* y del montacarga convencional era destinado al despacho de mercancía voluminosa. En total había 11 elementos entre máquinas y equipos, de 5 clases diferentes.

Tabla 2.5
Equipos y máquinas de CEDI anterior
[Fuente: Datos proporcionados por la empresa]
[Elaboración: Autoría propia]

Equipo o Maquinaria	Cantidad
Montacarga doble reach	1
Transpaleta manual	3
Gata	3
Clamps	2
Montacarga convencional	2

2.2.2 Visita al centro de distribución provisional

Durante la visita se realizó un recorrido por las instalaciones visualizando el proceso actual de las operaciones que llevan a cabo con las limitaciones que les trajo la pérdida de su CEDI principal. Al finalizar el recorrido se tuvo una breve charla con el Jefe de Bodega con el que se concordó en la importancia que tiene la realización de este proyecto luego de ver el trabajo que se realiza actualmente. Sus instalaciones actuales carecen de orden y de una correcta clasificación y almacenaje de la mercancía.

2.2.3 Formulario electrónico

Se realizó un Formulario Electrónico que fue enviado al jefe de bodega con la intención de obtener datos adicionales a los que se recopilaron y describieron previamente. De las respuestas obtenidas se destaca el requerimiento de que se realice una adecuada clasificación de la mercancía

por su rotación y consideraciones del diseño en cuanto a los procesos de recepción, almacenamiento, *picking* y despacho.

Dentro del proceso de recepción se pidió conservar el uso de rampas auto niveladoras para los muelles destinados a la descarga de mercancía y mantener la dimensión del patio de maniobra del predio anterior. Por seguridad los vehículos deben ingresar al centro de distribución y no quedarse esperando en la parte externa.

El Jefe de Bodega indicó la necesidad de un espacio para almacenamiento en *racks*, espacio con el que no cuentan actualmente, pero era parte esencial de la bodega del CEDI anterior. Y en lo que respecta al proceso de *picking* y despacho, pidió conservar la cantidad de muelles que disponían anteriormente con su respectiva función, como se especifica en la Tabla 2.3. Manteniendo la validación de la carga por marca para evitar cruces o faltantes de inventario.

2.2.4 Registros históricos

De los registros solicitados se obtuvo información perteneciente a las ventas, aprovisionamiento y volumen promedio de stock por SKU de los últimos 3 años que estuvo en funcionamiento el CEDI anterior. Información referente a cada mes de operación desde el año 2017 al 2019, años previos a las pérdidas que sufrieron todos los sectores productivos a raíz de la pandemia provocada por el COVID 19.

Con la información obtenida se procedió a categorizar la mercancía de cada marca por familia y categoría de producto, debido a que la empresa no contaba con documentación que detalle esta clasificación que comentaron que usaban para el almacenamiento. Por ejemplo, la empresa comercializa laptops de 5 diferentes empresas de las cuales hay 151 modelos de laptops (SKU's) distintos que han sido denominados Categoría Laptops y pertenece a la Familia Tecnología. Un resumen de este ejemplo se aprecia en la Ilustración

2.2 en la que también se detallan las cantidades vendidas por la empresa en los años 2017, 2018 y 2019.

Mercancía	No. Tipos de Mercancía	Total 2017	Total 2018	Total 2019
☐ LAPTOP_MARCITECH	96	2.734	2.354	1.364
☐ LAPTOP_HP	24	0	0	655
☐ LAPTOP_LENOVO	20	0	0	230
☐ LAPTOP_ACER	4	0	0	0
☐ LAPTOP_HUAWEI	4	0	0	0
☐ LAPTOP_DELL	3	0	0	56
Total	151	2.734	2.354	2.305

Mercancía

151

No. Tipos de Mercancía

Ilustración 2.2: Categoría Laptops
[Fuente: Datos proporcionados por la empresa. Elaboración: Autoría propia]

La categorización se hizo según la funcionalidad y en algunos casos por el volumen de los SKU's. La categorización por funcionalidad consistió en consolidar toda la mercancía que satisfaga una misma necesidad del consumidor. Por ejemplo, si la necesidad del consumidor es conservar los alimentos un mayor tiempo, la familia de productos es el conjunto de todas las refrigeradoras disponibles para la venta. De esta manera se definieron las siguientes familias: aires acondicionados, refrigeradoras, cocinas, microondas, laptops, computadoras de escritorio, impresoras, celulares, colchones, equipos de sonido, batidoras, bicicletas, cámaras, consolas de juego, y cascos.

La empresa cuenta con una gama amplia de accesorios variados que cumplen con necesidades específicas del consumidor y esto no permite que sólo dos o tres accesorios sean considerados como una familia de producto. Por ejemplo, accesorios de baño, accesorios de limpieza, accesorios de motos, entre otros relacionados con las familias categorizadas por funcionalidad. Los accesorios se caracterizan principalmente por tener dimensiones pequeñas y similares entre sí, por lo que fueron considerados como una sola familia de producto.

De la categorización se obtuvieron 221 categorías de productos a las cuales se les asignó una familia específica. Dando un total de diez familias de productos denominadas como Agro, Tecnología, Críticos, Audio y Video,

Electrodomésticos, Electromenores, Muebles, Herramientas, Hogar, y Movilidad. Dentro de las cuales se encuentra toda la mercancía que comercializa la empresa.

La Familia Agro contiene las categorías relacionadas con la agricultura, en las que se encuentran todos los equipos, máquinas y accesorios que comercializa la empresa de esta familia.

La Familia Tecnología contiene las categorías relacionadas con el mundo de la tecnología. Exceptuando las categorías en las que se encuentra la mercancía con mayor costo que pertenece a la Familia Críticos. Y exceptuando también la mercancía que pertenece a la Familia Audio y Video en la que se encuentran todas las categorías que tienen relación directa con el nombre de la familia y la tecnología.

La Familia Electrodomésticos contiene las categorías relacionadas con la mercancía que tiene relación directa con su nombre. Exceptuando a la mercancía que pertenece a la Familia Electromenores que contiene todas las categorías relacionadas con los electrodomésticos de menor tamaño y peso.

La Familia Muebles contiene las categorías relacionadas con los muebles que pueden encontrarse en un dormitorio, sala, comedor, oficina y sus accesorios.

La Familia Herramientas contiene las categorías relacionadas con las herramientas utilizadas en el hogar, talleres, etc. Categorías tales como Taladros, Alicates, Playos, Serruchos, entre otras.

La Familia Hogar contiene las categorías relacionadas con el nombre de la familia, mercancía para el dormitorio, cocina, baño, decoración de la casa, artículos playa y sus accesorios.

La Familia Movilidad contiene las categorías relacionadas con las motos y bicicletas que comercializa la empresa.

Este proceso de categorización de mercancía se realizó con la ayuda de Excel. El desglose ha sido anexado en los apéndices como Categorización de la mercancía.

2.3 Proceso de diseño

El objeto del presente trabajo es realizar un *layout* que permita un adecuado funcionamiento de las zonas de almacenamiento y *picking*. Mediante el diseño y simulación de la bodega del CEDI de una empresa de venta masiva de electrodomésticos. Para lograr esto se utilizaron el software Excel para el análisis de datos, AutoCAD para la realización del *layout* del CEDI, y el software Flexsim para simular y validar el *layout*.

El *layout* realizado en AutoCAD muestra las dimensiones del CEDI, la distribución de las zonas de la bodega y los *racks*. Mientras que la simulación permite observar cómo se realizarán las operaciones internas del CEDI con el *layout* propuesto, desde la recepción de la mercancía hasta su despacho. Cabe destacar que la simulación validará el *layout* mediante la estimación de la distancia total recorrida durante el proceso de *picking*.

2.4 Layout de bodega del nuevo Centro de Distribución

2.4.1 Consideraciones del diseño

Los requerimientos de la empresa son factores clave que no pueden ser pasados por alto, por tal motivo se han considerado cada una de estas solicitudes para la realización del *layout* de la bodega del nuevo CEDI.

Configuración del CEDI

El primero de los requerimientos fue la expansión del área de la bodega a $10.000 m^2$ debido a la demanda creciente de la mercancía que almacena la empresa. Al ser una empresa que se dedica a la venta masiva de

electrodomésticos, temporadas como el "Día de la Madre", "Viernes Negro" y "Navidad" son consideradas como temporadas altas del año que se dan durante los meses de mayo, mediados de octubre, noviembre y diciembre respectivamente. Durante estas temporadas el CEDI previo era ocupado en su totalidad y además se requería el alquiler de bodegas externas de 3.000 a 4.000 m^2 , volumen extra que era necesario para cumplir con la alta demanda.

Debido a esto nace el requerimiento de expansión que considera también una posible ampliación del inventario en los próximos años. El área base estará dividida entre los dos sistemas de almacenamiento que maneja la empresa como se muestra en la Tabla 2.6. Cada sistema de almacenamiento contará con un área designada tanto para la Marca 1 como para la Marca 2.

Tabla 2.6
Configuración de bodega del nuevo CEDI
[Fuente: Los autores. Elaboración: Autoría propia]

Área	Volumen
Total	10.000 metros cuadrados
Almacenamiento en Racks	≈ 4.468 metros cuadrados
Almacenamiento en Piso	≈ 4.806 metros cuadrados

Zonas de la bodega

La bodega fue dividida por sistema de almacenamiento, el 48 % de la bodega se destinó para almacenamiento en racks y el 45 % para almacenamiento en piso. La distribución se realizó considerando los pasillos necesarios para que la operación se dé correctamente y haya fluidez. Además de las áreas destinadas a la recepción y despacho de la mercancía y el espacio necesario para el proceso de *picking* de ambas marcas, que conforman el 7% restante de la bodega.

Para el cálculo del área de almacenamiento en piso se consideró el ancho, largo y alto de cada una de las categorías almacenadas en esta área, así como el número de unidades que se pueden apilar verticalmente según la categoría correspondiente. Para precautelar la seguridad de los operadores

se consideró que cada bloque de almacenamiento en piso puede tener un ancho máximo de 5 a 6 metros.

Se calculó y definió el nivel stock promedio necesario para no quebrar stock y en base a las consideraciones antes mencionadas se dedujo el espacio necesario para almacenar el stock. De la misma manera se calculó el área para almacenamiento en rack, pero considerando pallets por familia en lugar de unidades.

Flujos de entrada y salida

Se ha considerado la misma cantidad de muelles de carga y descarga para la recepción y despacho de mercancía, al igual que el uso que se le dará a cada muelle como parte de los requerimientos de la empresa. La cantidad de muelles, su numeración y función se describió anteriormente en la Tabla 2.3.

La política de reaprovisionamiento de la empresa se basa en pedidos semanales y mensuales de la mercancía local e importada, respectivamente. La cantidad de pedido que se realiza se basa en la demanda de la semana y el mes anterior según el tipo de mercancía a ser pedida. Un resumen de esto se puede apreciar en la Tabla 2.7.

El lead time de la mercancía local es de una semana y el de la mercancía importada es de tres meses, es decir que la empresa recibe pedidos de mercancía local cada semana y cada mes le llega mercancía importada debido a su lead time. En la

Tabla 2.8 se presenta un ejemplo del lead time de los pedidos de mercancía importada durante el presente año. Cada pedido corresponde a un color específico que llega al CEDI 3 meses después de que se lo solicita.

Tabla 2.7

Política de reaprovisionamiento del CEDI

[Fuente: Datos proporcionados por la empresa. Elaboración: Autoría propia]

Tipo de mercancía	Frecuencia de pedido	Tiempo de llegada del pedido
Mercancía local	Cada semana	Una semana
Mercancía importada	Cada mes	Tres meses

Tabla 2.8*Lead time de mercancía importada durante el 2021***[Fuente: Datos proporcionados por la empresa. Elaboración: Autoría propia]**

Mes	Pedido realizado	Pedido Entregado
ene-21		
feb-21		
mar-21		
abr-21		
may-21		
jun-21		
jul-21		
ago-21		
sep-21		
oct-21		
nov-21		
dic-21		
ene-22		
feb-22		
mar-22		

Los procesos de recepción y despacho se llevarán a cabo de la siguiente manera.

Recepción

1. Separación de cita para realizar la entrega por parte del proveedor.
2. Llegada de vehículo al muelle de la bodega el día y la hora de la cita.
3. Descarga de la mercancía.
4. Verificación de calidad y cumplimiento de las cantidades y SKU indicados en la orden de compra. En caso de no cumplir con los requerimientos mínimos antes mencionados se rechaza la entrega.
5. Paletizado y etiquetado por parte de los operarios del equipo de recepción.
6. Traslado a zona de almacenamiento mediante el uso de montacargas.

Despacho

1. Una vez que el cliente realiza un pedido, este es ingresado al sistema y se detalla la fecha en la que este pedido debe ser despachado.
2. Cuando el día y la hora de despacho ya está cerca, el líder del equipo de despacho da la orden para iniciar a preparar el pedido.

3. Se realiza el proceso de *picking* correspondiente. Este proceso es realizado mayormente por operarios equipados con un transpaleta que les permite transportar productos poco voluminosos y pallets ubicados en el primer nivel de la estantería. En caso de que la mercancía que debe ser despachada tenga dimensiones muy grandes o este ubicada en los niveles superiores de la estantería se usa un montacarga para este proceso.
4. Se consolida toda la mercancía de la orden a despachar en el muelle en que se cargara el camión.
5. El Supervisor de despacho revisa que todo esté correcto según la orden.
6. Carga de la mercancía al vehículo correspondiente mediante un transpaleta o montacarga según el tipo de mercadería.

Equipos y máquinas

El CEDI previo contaba con 11 elementos entre equipos y máquinas para uso de la bodega, al incrementar el área total de 7000 m^2 a 10000 m^2 , la cantidad de equipos necesarios para la operación también aumentó con la inclusión de elementos adicionales especificados en la Tabla 2.9, dando un total de 16 equipos

Tabla 2.9
Equipos y máquinas de nuevo CEDI
[Fuente: Autoría propia]

Equipo o Maquinaria	Cantidad
Montacarga doble reach	2
Transpaleta manual	4
Gata	3
Clamps	4
Montacarga convencional	3

Sistema de almacenamiento

El uso de estanterías de doble profundidad para la mercancía comercial permite ahorrar espacio con la habilitación de menos pasillos para el acceso a la carga. Esto ayuda a maximizar la capacidad de almacenamiento de la bodega por lo cual se eligió este tipo de estantería para el diseño. El

almacenamiento de la mercancía voluminosa sigue siendo a nivel de piso para ambas marcas.

Las medidas de los pallets utilizados para el almacenamiento son de 1,20 m x 1,40 m, adicionalmente se consideró una holgura de 0,13 m entre los pallets, lo cual se puede observar en Ilustración 2.3 a continuación.

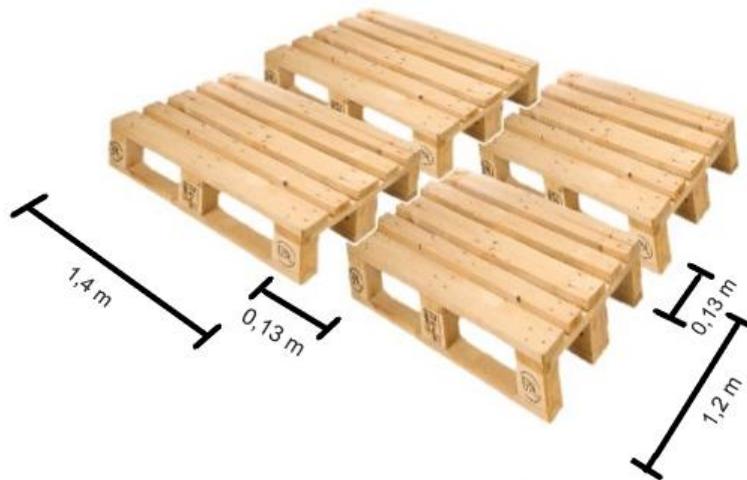


Ilustración 2.3: Medidas de Pallets del nuevo CEDI
[Fuente: Los autores. Elaboración: Autoría propia]

Medidas de seguridad

Entre los equipos y máquinas con los que cuenta la empresa, el montacargas doble reach es el que necesita mayor espacio para su operación con un espacio mínimo de 2 metros para ser capaz de girar e insertar un pallet en una ubicación específica. Para disminuir el riesgo de caída de la mercancía a distinto nivel y que esto ponga en riesgo al personal y la mercancía, es necesario que todos los pasillos estén adecuados al espacio mínimo de operación que requieren sus equipos o máquinas más grandes, y una holgura de 2 metros que le brinde flexibilidad de operación y un margen de error al montacarguista y a su vez permita el flujo de maquinaria en sentido contrario de un mismo pasillo, sin que esto desemboque en choques con los racks.

La empresa para la cual está dirigido el presente trabajo perdió su anterior CEDI y gran parte de sus equipos y mercancía en un incendio, es por

esta razón que se considera atinado y necesario un *layout* que permita en un futuro la implementación de un sistema de puertas corta fuego. Este sistema consiste en subdividir el CEDI, subdivisiones que son realizadas generalmente con paredes de concreto dejando únicamente unos cuantos pasillos que permitan la interconexión entre subdivisiones. Para que en caso de presentarse una alerta de incendio en una de las subdivisiones, se cierren las puertas corta fuego evitando que el incendio se extienda a las otras subdivisiones. Se consideró el espacio necesario para la realización de subdivisiones a través de las paredes de concreto para que este sistema pueda ser aplicado en un futuro sin necesidad de cambiar el *layout* presentado.

2.4.2 Zonificación de bodega

Al definir las zonas necesarias que necesita la bodega del nuevo CEDI como parte de las consideraciones del *layout* y establecer como estará configurado, se procedió a localizar cada zona dentro del área de la bodega de tal forma que se facilite la operación de cada proceso involucrado desde la recepción de la mercancía hasta su salida. Se consideró la cercanía que debe de tener una zona con otra para el correcto funcionamiento de la bodega y sus respectivas dimensiones. La zonificación propuesta será presentada en el siguiente capítulo.

2.4.3 Zonificación de mercancía

Clasificación de mercancía

Luego de categorizar la mercancía, la información se consolidó en una tabla con los valores promedio mensuales de ventas obtenidos del análisis de los registros históricos. Esta tabla inicialmente contenía las columnas:

- Código de SKU
- Descripción de SKU
- Cantidad Vendida

- Volumen de Stock

Para empezar, se ordenaron los datos de mayor a menor según la cantidad vendida para luego calcular el índice de rotación que se obtuvo de la relación de la cantidad vendida con el volumen de stock. La mercancía con alta rotación será de categoría A, la de media rotación será categoría B y la de baja rotación será categoría C.

Distribución de mercancía en zona de almacenamiento en racks

La mercancía con categoría A tanto en rotación como ventas fue catalogada como la más relevante dentro de la clasificación y colocada en los niveles más bajos y cerca de los pasillos principales para que el acceso sea más fácil y rápido. Por el contrario, la mercancía de las categorías B y C fue localizada en los niveles medios y superiores de los racks, en espacios lejanos a los pasillos principales debido a que no es mercancía a la que se necesite acceder de forma continua y rápida.

2.4.4 Software utilizado para layout

Se utilizó el software AutoCAD para realizar el *layout* de la bodega, esta herramienta ayuda diseñar y presentar planos de forma profesional, permitiendo al usuario trabajar en 2D y 3D, mediante el uso de formas y figuras geométricas. La facilidad de su uso está en la amplia gama de información que hay acerca del programa, lo que lo hace útil y práctico para el presente proyecto.

2.5 Simulación del layout en Flexsim

2.5.1 Software utilizado para la simulación

Para la simulación se utilizó el software Flexsim, que está enfocado a la modelización y análisis de un sistema o proceso, para detectar cuellos de

botella, congestionamiento, y oportunidades de mejora. Flexsim permitió probar distintos escenarios dentro del proceso sin recurrir a costos de implementación, analizar variables como espacio o tiempo, y visualizar la operación en 3D.

Un modelo generado mediante este software puede ser descrito como un sistema de flujo de entidades, colas, procesos y sistemas de transporte. Existe un tipo de recurso para representar cada uno de estos elementos dentro de la simulación.

- Los recursos fijos son los objetos de colas, máquinas de proceso y cintas transportadoras.
- Los recursos compartidos son los operadores
- Los recursos móviles son todos los objetos que permiten transportar un elemento a través de los recursos fijos y compartidos, como lo son elevadores transpaleta, montacargas, etc.

2.5.2 Construcción de modelo de simulación

Para este proyecto la entidad que fluye a través de estos recursos son cajas de producto terminado. Fue necesario definir cuánto tiempo tarda esta entidad en cada uno de los recursos fijos, compartidos y de transporte, para que el modelo se apegue lo más posible a la realidad.

Para iniciar la construcción del modelo de simulación fue necesario insertar en el modelo todos los recursos necesarios para realizar la operación. Los objetos utilizados para este trabajo fueron: *racks*, área de almacenamiento en piso, montacargas, personal transportador, despachadores, y combinadores. Posteriormente, se indicó al software el orden en el cual la mercancía se moverá a través de los objetos colocados con anterioridad.

El proceso simulado inició con la representación de la llegada de producto al CEDI mediante el objeto “*Source*”, el cual introduce la mercancía

a la simulación. La cantidad ingresada se basa en el nivel de inventario que necesita el almacén para no quebrar stock e ingresa con frecuencia semanal para mercancía local, y con frecuencia mensual para la mercancía importada.

Posteriormente, se programó el traslado de la mercancía hacia los *racks* a través de montacargas, los objetos para *racks* y montacargas en el software son "*Rack*" y "*Transporter*" respectivamente. Luego de que una orden de compra es generada las unidades de producto solicitadas son trasladadas al muelle de despacho, en esta zona el pedido es consolidado y embarcado al vehículo, esta última consolidación fue representada en la simulación a través del objeto "*Dispatcher*".

2.5.3 Distribuciones de probabilidad de variables del modelo

El modelo de simulación construido en Flexsim tiene como datos de entrada los tiempos de llegada de la mercancía, la cantidad de mercancía que ingresa cada cierto periodo según la política de reaprovisionamiento especificada previamente en la Tabla 2.7, el tiempo de calentamiento de la simulación, además de los recursos u objetos con los que cuenta el modelo para simular la operación de la bodega.

Los tiempos de llegada de la mercancía son datos aleatorios que se calcularon en base a la información proporcionada por la empresa de las ventas realizadas desde el 2017-2019. La distribución que mejor se ajustaba a cada variable se halló utilizando la herramienta Experfit de Flexsim que determina la distribución de probabilidad que se ajuste mejor a un conjunto de datos. Las distribuciones obtenidas a través de Experfit se especifican en la Tabla 2.10 y la Tabla 2.11.

Tabla 2.10
Distribuciones de probabilidad de variables aleatorias (Familias)
[Fuente: Experfit de Flexsim. Elaboración: autoría propia]

Familia	Distribución de probabilidad
Muebles	Log-Logistic (E)
Hogar	Inverse Gaussian
Audio y Video	Gamma (E)
Electromenores	Log-Normal (E)
Electrodomésticos	Johnson SB
Movilidad	Beta
Agro	Log-Logistic (E)
Críticos	Log-Logistic (E)
Tecnología	Gamma (E)
Herramientas	Johnson SB

En la Tabla 2.10 se detallan las distribuciones de probabilidad de las familias de producto consideradas en el modelo y en la Tabla 2.11, las distribuciones de probabilidad asociadas a las categorías de producto que son parte del modelo.

Tabla 2.11
Distribuciones de probabilidad de variables aleatorias (Categorías)
[Fuente: Experfit de Flexsim. Elaboración: autoría propia]

Categoría	Distribución de probabilidad
Lavadoras	Lognormal (E)
Refrigeradoras	Log-Logistic
Cocinas	Beta
Televisores	Lognormal
Cilindros de Gas	Lognormal (E)
Motos	Gamma
Congeladores	Beta

2.6 Consideraciones éticas y legales

Este proyecto consideró los requerimientos de infraestructura y disposición del espacio necesarios para un correcto funcionamiento de la bodega del CEDI. También se consideraron las exigencias de seguridad detalladas en manuales técnicos de las máquinas y equipos que serán utilizados en el CEDI, así como la norma técnica ecuatoriana INEN 754:2013 que detalla los requerimientos generales

de las puertas corta fuego. A pesar de que una de las consideraciones del proyecto es maximizar la capacidad de la bodega, se ha priorizado el bienestar de las personas y mercancías dentro del CEDI mediante la inclusión de pasillos que consideran el área de operación necesaria por maquinaria más una holgura determinada, y un *layout* acoplable con la instalación de puertas corta fuego en caso de incendios.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se detallan los resultados obtenidos al realizar el *layout* de la bodega del CEDI en AutoCAD y su respectiva simulación en el software Flexsim. Con el *layout* realizado se determinó la capacidad de almacenamiento de la bodega, rendimiento del área y se clasificó la mercancía de acuerdo con su índice de rotación. Estas consideraciones fueron tomadas en cuenta en la simulación de la cual se obtuvo la distancia promedio recorrida durante el proceso de *picking*.

3.1 Layout de bodega en AutoCAD

De acuerdo con las consideraciones de diseño descritas en el capítulo anterior se realizó el *layout* de la bodega del CEDI en AutoCAD, que tiene un área total de 10.000 m^2 repartidos para los dos sistemas de almacenamiento que utiliza la empresa, las zonas de carga y descarga de los muelles, así como la zona de *picking*.

La capacidad total de almacenamiento en racks es de 6.600 pallets. El área DE almacenamiento está ocupada en un 51 % por las estructuras de los racks y la zona de almacenaje en piso, el 49% restante está ocupado por los espacios necesarios para pasillos y paredes.

La zona de almacenamiento en racks tiene cuatro secciones, la sección 4 (S4) tiene capacidad para 1100 pallets, la sección 3 (S3) 1540 pallets y las secciones 1 (S1) y 2 (S2) 1980 pallets. El *layout* propuesto contempla el uso de puertas corta fuego que han sido ubicadas en la mitad de la bodega, en cada pasillo vertical. La mayoría de los pasillos tienen un ancho de 4 m que permite el flujo de los equipos en ambas direcciones, además de prevenir incidentes al operar los montacargas precautelando la seguridad de los operarios en todo momento. Esto se resume en la Ilustración 3.1.

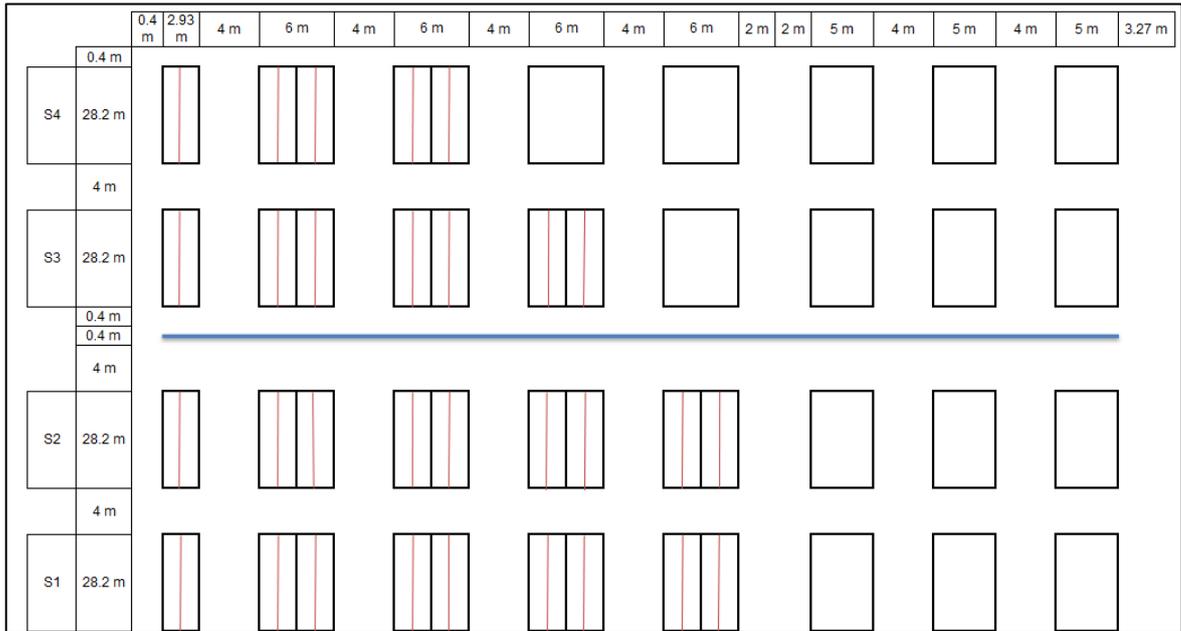


Ilustración 3.1: Layout de zona de almacenamiento del nuevo CEDI
 [Fuente: Los autores. Elaboración: Autoría propia]

El ancho de los muelles de carga y descarga debe ser de 2.5 m a 3 m, considerando una distancia entre un muelle y otro ente los 3.7 m a 4.6 m (Rios et al., 2021). La bodega cuenta con 14 muelles de un ancho de 3 m y una distancia de 4.6 m entre un muelle y otro. Cada uno con sus respectivas zonas de carga y descarga por marca que se detallan en el Layout de bodega del nuevo CEDI en AutoCAD que se ha colocado en los anexos. En el cual se observa la expansión del área de la zona de picking que ahora es de 71.61 m^2 .

3.2 Clasificación ABC según índice de rotación

Para el análisis de la clasificación ABC se tomaron como base la cantidad de pallets despachados de los años del 2017 al 2019. La clasificación fue realizada por sistema de almacenamiento y por marca y se detalla a continuación.

En la Tabla 3.1 se observa la clasificación ABC de la mercancía perteneciente a la Marca 1 que será almacenada en racks. Las familias de alta (A), media (B) y baja (C) rotación representan el 78%, 17% y 5% de los de la Marca 1 en la zona de almacenamiento en racks, respectivamente.

Las familias de alta rotación (A) son Audio y Video, Hogar y Muebles. Las familias de media rotación (B) son Electromenores, Electrodomésticos y Movilidad, y las familias de baja rotación (C) son Agro, críticos, tecnología y Herramientas.

Tabla 3.1

ABC de Marca 1 en racks

[Fuente: Datos proporcionados por la empresa. Elaboración: Autoría propia]

Clase	Venta anual en pallets	Stock promedio en pallets	IR	% Participación
A	10984	1355	6.30	78%
B	2318	298	1.33	17%
C	709	90	0.41	5%
TOTAL	14011	1743	8.04	100%

En la clasificación ABC de la mercancía perteneciente a la Marca 1 que será almacenada en piso las categorías de alta (A), media (B) y baja (C) rotación representan el 70%, 25% y 5% de los movimientos de despacho anuales de la Marca 1 en la zona de almacenamiento en piso, respectivamente. Lo cual se resume en la Tabla 3.2.

Las categorías de alta rotación (A) son Lavadoras, Refrigeradoras y Cocinas. Las categorías de media rotación (B) son Televisores y Cilindros de gas, y las categorías de baja rotación (C) son Motos y Congeladores.

Tabla 3.2

ABC de Marca 1 en piso

[Fuente: Datos proporcionados por la empresa. Elaboración: Autoría propia]

Clase	Venta anual	Stock promedio	IR	% Participación
A	57238	8992	4.45	70%
B	15407	3199	1.20	25%
C	5510	683	0.43	5%
TOTAL	78155	12874	6.07	100%

En cuanto a la mercancía que será almacenada en racks de la Marca 2, las familias de alta (A), media (B) y baja (C) rotación representan el 75%, 18% y 7% de los movimientos de despacho anuales de la Marca 2 en la zona de almacenamiento en racks, respectivamente. Esto se ha resumido en la Tabla 3.3.

La familia de alta rotación (A) es Electromenores, la familia de media rotación (B) es Electrodomésticos, y la familia de baja rotación (C) es Tecnología.

Tabla 3.3

ABC de Marca 2 en racks

[Fuente: Datos proporcionados por la empresa. Elaboración: Autoría propia]

Clase	Venta anual en pallets	Stock promedio en pallets	IR	% Participación
A	589	76	5.83	75%
B	128	18	1.27	18%
C	50	7	0.50	7%
TOTAL	767	101	7.59	100%

La clasificación de la mercancía de la Marca 2 que será almacenada en piso se detalla en la Tabla 3.4. Las categorías de alta (A) y baja (C) rotación representan el 80%, 20% de los movimientos anuales de la Marca 2 en la zona de almacenamiento en piso, respectivamente. La Marca 2 no posee categorías de media rotación (B).

Las categorías de alta rotación (A) son Lavadoras, Refrigeradoras, y las categorías de baja rotación (C) son Cocinas, Televisores y Congeladores.

Tabla 3.4

ABC de Marca 2 en piso

[Fuente: Datos proporcionados por la empresa. Elaboración: Autoría propia]

Clase	Venta anual	Stock promedio	IR	% Participación
A	20607	3238	5.06	80%
C	3982	834	0.98	20%
TOTAL	24589	4072	6.04	100%

3.3 Distribución de la mercancía según la clasificación ABC

La ubicación de la mercancía se la realizó en base a la clasificación ABC analizada previamente según el índice de rotación de las familias y categorías en cada zona de almacenamiento. En la Ilustración 3.2 se puede observar la distribución de la mercancía en la bodega del CEDI según los datos de demanda proporcionados por la empresa. El color amarillo representa a la mercancía de alta rotación (A), el color celeste representa la mercancía de media rotación (B) y el color rojizo representa la mercancía de baja rotación (C).

Se han destinado 1980 ubicaciones para el almacenamiento de la mercancía de alta rotación (A), 440 ubicaciones para el almacenamiento de la mercancía de media rotación (B), y 220 ubicaciones para el almacenamiento de la mercancía de baja rotación (C).

Debido a que el *layout* de la bodega ha sido realizado considerando una futura expansión de la empresa, una cantidad considerable de ubicaciones aún no tienen mercancía asignada.

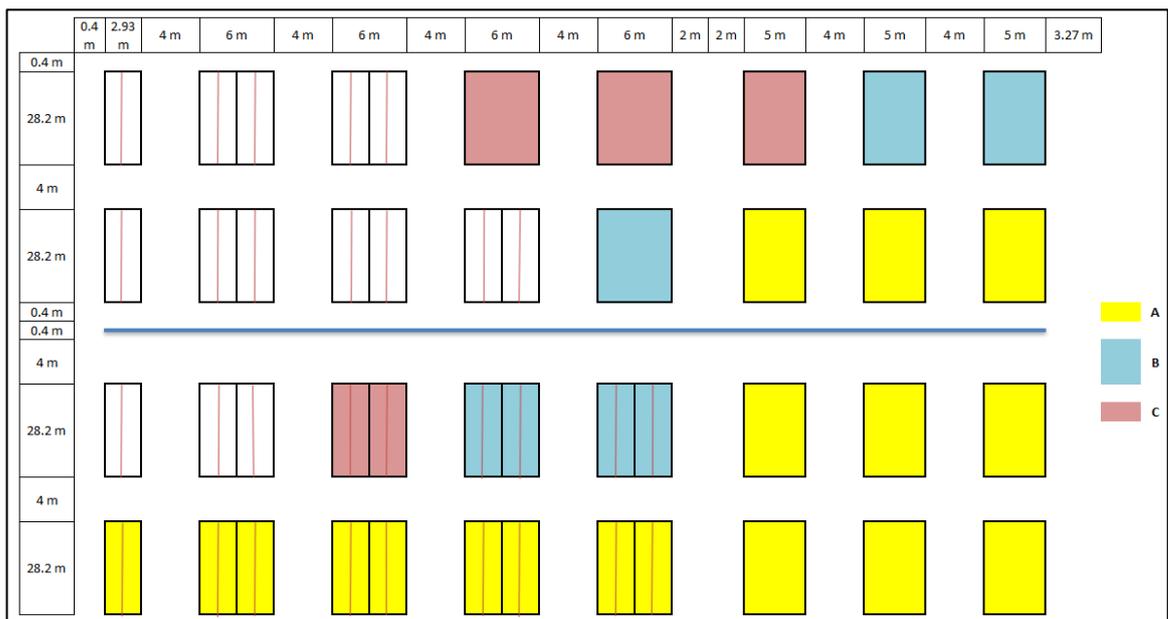


Ilustración 3.2: Distribución de mercancía en bodega del nuevo CEDI
 [Fuente: Datos proporcionados por la empresa. Elaboración: Autoría propia]

3.4 Simulación del layout en Flexim

Se especificó en el software un periodo de duración de un mes para la simulación del funcionamiento de la bodega del nuevo CEDI considerando las distribuciones de probabilidad que siguen las ventas de cada familia y categoría de producto analizados, la política de reaprovisionamiento de la empresa y la distribución de la mercancía definida en la sección 3.3 de este capítulo para obtener la distancia total recorrida en el proceso de *picking*.

3.4.1 Modelo de simulación 3D

En la Ilustración 3.3 se pueden observar los objetos y procesos descritos en la sección 2.5 del capítulo anterior, los cuales en conjunto conforman el modelo de simulación propuesto en base al layout realizado.

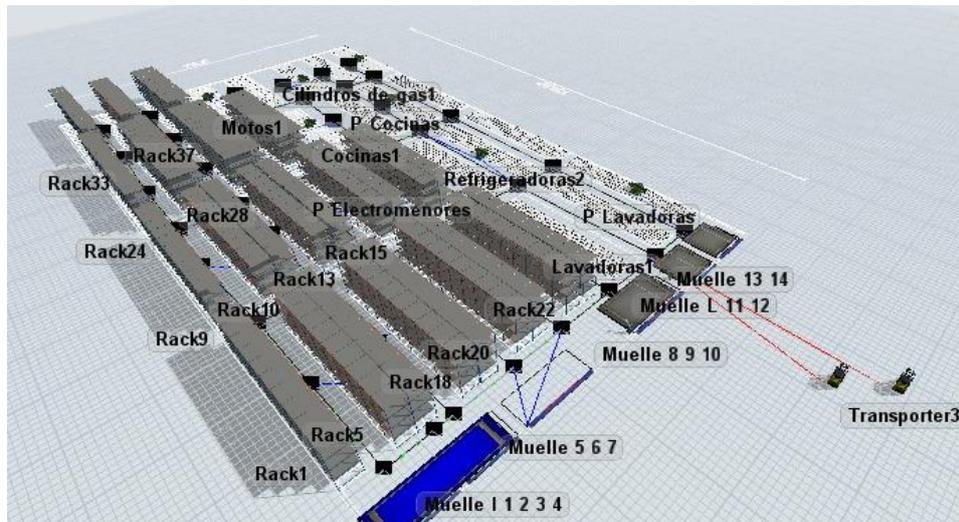


Ilustración 3.3: Modelo 3D de layout propuesto
[Fuente: Los autores. Elaboración: Autoría propia]

3.4.2 Validación del layout

Se realizaron 20 ejecuciones al modelo de simulación, de las cuales se obtuvo que la distancia total recorrida al realizar el proceso de *picking* en base al *layout* propuesto es de (627410.90 ± 2856.50) metros con un intervalo de confianza del 95%. Y la cantidad de movimientos realizados es de (3254.25 ± 14.21) con un intervalo de confianza del 95%. Por lo que podemos afirmar que la distancia promedio recorrida por movimiento es aproximadamente de 193 metros.

Con el objetivo de cuantificar el impacto de la clasificación de la mercancía en la disminución de la distancia total recorrida para la preparación de los pedidos, se simuló el funcionamiento de la bodega con la política de almacenamiento del CEDI anterior considerando que no existía un criterio de clasificación ABC. Para esto las familias y categorías de producto fueron almacenadas sin un orden específico para luego proceder con las múltiples ejecuciones del modelo bajo esta condición y obtener esa distancia recorrida

aproximada.

De las múltiples ejecuciones realizadas al modelo sin considerar el criterio de clasificación ABC se obtuvo que la distancia total recorrida al realizar el proceso de *picking* es de (720476.16 ± 3296.14) metros con un intervalo de confianza del 95%, y que la cantidad de movimientos realizados es (3246.80 ± 14.36) con un intervalo de confianza del 95%. Lo cual nos da una distancia promedio recorrida por movimiento de aproximadamente 222 metros. Lo cual es un 15% más que la distancia recorrida cuando existe clasificación ABC.

3.4.3 Análisis comparativo

De los resultados obtenidos del modelo de simulación planteado en base al layout propuesto para la bodega del nuevo CEDI versus el funcionamiento del CEDI anterior se destacan los siguientes aspectos.

- Se maximizó la capacidad de almacenamiento de la zona de racks al pasar de poder almacenar mercancía en 4000 pallets a 6600 pallets.
- Con clasificación ABC realizada según el índice de rotación de las familias y categorías de producto se logró la disminución de la distancia total recorrida promedio en el proceso de *picking*. Esta distancia pasó de (222 ± 230) m a (193 ± 201) m, ambas calculadas bajo un intervalo de confianza del 95%.
- Con el layout propuesto se aumentó el área de la zona de picking de la Marca 1, de 50 m^2 a 71.61 m^2 .
- La disminución de la distancia total recorrida entre el modelo con clasificación ABC y el modelo sin esta clasificación es de 93.07 Km al mes, lo que representa 14 horas menos de uso de montacarga y por ende se disminuyen 14 horas de mano de obra.

- Un montacarga consume 6 lb de gas por hora, lo que equivale a 2.72 kg por hora. Los montacargas de la empresa utilizan tanques de 15 kg y el costo de recarga de un tanque de GLP de esa capacidad, en el que incurren, es de \$17.25. El costo de hora hombre es de \$2.50 considerando que tienen un salario básico de \$400 y trabajan 160 horas al mes. La reducción del uso de montacargas evita el consumo de aproximadamente 38 kg de GPL al mes, lo cual beneficia al medio ambiente y la empresa obtiene un ahorro de \$86.75 al mes al no incurrir en costo de mano de obra innecesario y consumir menor cantidad de combustible. Un resumen de esto se aprecia en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5

Costo de GLP por Montacarga (Mensual)

[Fuente: Parámetros obtenidos en Flexsim. Elaboración: Autoría propia]

	Horas de uso del montacarga	GLP necesario (Kg)	# Tanques necesarios	Costo de Gas (\$)	Costo del operador (\$)
Modelo con ABC	80	217,6	15	\$258.75	\$200
Modelo sin ABC	94	255,68	18	\$310.5	\$235
Diferencia	14	38,08	3	\$51.75	\$35

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Los problemas del CEDI anterior de la empresa se centraban en las zonas de almacenamiento y picking debido a la falta de una adecuada clasificación de la mercancía y el poco espacio destinado al área de preparación de pedidos.
2. La empresa cuenta con 221 categorías de productos que están divididas entre las 10 familias de productos que se obtuvieron de la categorización realizada.
3. La Familia Muebles es la que representa el mayor porcentaje de movimientos de despacho anuales de la Marca 1 en la zona de almacenamiento en racks, a diferencia de la Familia Herramientas que es la que representa el menor porcentaje.
4. La Familia Electromenores es la que representa el mayor porcentaje de movimientos de despacho anuales de la Marca 2 en la zona de almacenamiento en racks, a diferencia de la Familia Tecnología que es la que representa el menor porcentaje.
5. La capacidad de almacenamiento en la zona de racks aumentó en un 65%. Esta gran capacidad de almacenamiento le permitirá a la empresa reducir su costo de almacenamiento al distribuir sus costos fijos y variables para una mayor cantidad de pallets. Además de evitarle a la empresa la necesidad de alquilar bodegas externas durante las temporadas altas,

debido que el layout propuesto les permitirá tener todo su stock disponible en un mismo sitio en todo momento del año.

6. La distancia total recorrida en el proceso de *picking* disminuyó en un 13% al implementar la clasificación ABC de la mercancía según su índice de rotación, lo cual valida el layout propuesto y disminuye la utilización de los equipos y maquinaria para el proceso de despacho.
7. El presente trabajo brinda una idea clara a la empresa de cómo funcionará la bodega de su nuevo centro de distribución, además de información que puede ayudar con la toma de decisiones estratégicas. Acerca de los recursos necesarios para que la operación del CEDI se dé sin problemas y con fluidez.

Recomendaciones

1. Debido a lo cambiante que puede ser la demanda y el comportamiento de los consumidores, es recomendable realizar una nueva clasificación ABC cada año con el objetivo de asegurar que se mantengan los beneficios económicos y productivos que se explicaron en el capítulo 3.
2. La limitación de acceso a la información aleja a un modelo de la realidad y lo convierte su solución en un escenario factible que no necesariamente es el óptimo. Se realizaron asunciones para poder adaptar la propuesta lo más cercano a la realidad debido a la poca disponibilidad de datos. Por lo que se recomienda contar con información detallada de ventas y aprovisionamiento que involucren datos de la mercancía, proveedor, orden de compra, cliente, y número de pedido.
3. La información disponible para la ejecución del proyecto fue el total de SKU's vendido por mes durante 3 años consecutivos, se simuló el despacho de la mercancía en base a una estimación del tiempo entre salidas de una unidad en el caso del almacenamiento en piso, o pallet con mercancía en el caso del almacenamiento en racks. Se recomienda para

futuros trabajos de simulación utilizar data que cuente con un desglose de las ventas por número de pedido, de esta manera la simulación del proceso de preparación de pedidos podrá apegarse más a la realidad.

4. Para poder observar la simulación del *layout* en Flexsim sin problemas y de forma fluida se recomienda que la instalación del software se haga en computadoras que posean al menos las características mínimas que se especifican en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1
Características necesarias para instalación de Flexsim
[Fuente: Flexsim. Elaboración: Los autores]

Capacidad de la Computadora	Características mínimas	Características recomendadas
CPU	Cualquiera con procesador Intel o AMD	Procesador Intel i7- 4790 o superior
		Procesador AMD FX-9590 o superior
Memoria RAM	4 GB	8 GB o más
Gráficos	Cualquier unidad de procesamiento gráfico que soporte OpenGL 3.1 o superior	Nvidia GeForce GTX 1060 o superior
	Nvidia GeForce 300 series o superior	
	AMD Radeon R600 (HD 2xxx, HD 3xxx) series o superior	AMD Radeon RX 480 o superior
	Intel HD 2000 o superior	
Sistema Operativo	Windows 7,8,8.1 y 10.	Windows 10
Arquitectura	32 o 64 bits	64 bits

BIBLIOGRAFÍA

Páginas web

Revista Logistec. (2011, December 23). *EQUIPOS PARA ALMACÉN: EL GRAN DESAFIO DE DAR MOVIMIENTO A LOS CENTROS DE DISTRIBUCIÓN*. <https://www.revistalogistec.com/index.php/scm/almacenamiento/item/2281-equipos-para-almacen-el-gran-desafio-de-dar-movimiento-a-los-centros-de-distribucion>

Artículos de revista

Cempírek, V., Stopka, O., Meško, P., Dočkalíková, I., & Tvrdoň, L. (2021). Design of distribution centre location for small e-shop consignments using the clark-wright method. *Transportation Research Procedia*, 53, 224–233. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.029>

Díaz Martínez, M. A., Zárate Cruz, R., & Román Salinas, M. (2018). Simulación con Flexsim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba. *Científica*, 22(2), 97–104.

Kovács, G. (2021). Special Optimization Process for Warehouse Layout Design. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 22, 194–205. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9529-5_17

Phumchusri, N., & Kitpipit, P. (2017). Warehouse layout design for an automotive raw material supplier. *Engineering Journal*, 21(7), 361–387. <https://doi.org/10.4186/ej.2017.21.7.361>

Zhu, X., Zhang, R., Chu, F., He, Z., & Li, J. (2014). *A Flexsim-based Optimization for the Operation Process of Cold-Chain Logistics Distribution Centre* (Vol. 12).

Rios, J., Linfati, R., Morillo-Torres, D., Derpich, I., & Gatica, G. (2021). Optimal placement design for picking and packing in distribution centers. *Advances in Mechanical Engineering*, 13(4). <https://doi.org/10.1177/16878140211010657>

APÉNDICES

Apéndice A. Formulario Electrónico

1. Tomando como referencia la manera en la que se realizaban **antes** las operaciones en su antiguo centro de distribución que se perdió a raíz del incendio ¿Qué aspecto considera usted que debe mejorar en el proceso de **recepción**? ¿Qué debería mantenerse y qué ya no debería hacerse de la misma forma que **antes**?
2. Tomando como referencia la manera en la que se realizaban **antes** las operaciones en su antiguo centro de distribución que se perdió a raíz del incendio ¿Qué aspecto considera usted que debe mejorar en el proceso de **almacenamiento**? ¿Qué debería mantenerse y qué ya no debería hacerse de la misma forma que **antes**?
3. Tomando como referencia la manera en la que se realizaban **antes** las operaciones en su antiguo centro de distribución que se perdió a raíz del incendio ¿Qué aspecto considera usted que debe mejorar en el proceso de **picking/despacho**? ¿Qué debería mantenerse y qué ya no debería hacerse de la misma forma que **antes**?
4. ¿Cuál considera usted que es el principal motivo por el que es necesario llevar a cabo este proyecto? ¿Cuál es la razón principal para implementarlo?
5. En caso de existir, por favor mencione otros aspectos que se deben considerar en el diseño de *layout* del centro de distribución, en otros procesos que no hayan sido mencionados y explique brevemente que de qué forma cree que pueden ser solucionados.

Apéndice B. Categorización de la mercancía

Familia	Categoría
Agro	Accesorios varios de agro
	Amoladoras
	Bombas de agua
	Cercas eléctricas
	Cortadoras
	Desmalezadoras
	Fumigadoras
	Generadores eléctricos
	Hidro lavadoras
	Lubricantes
	Machetes
	Motores
	Motosierras
	Nebulizadoras
	Picadoras
	Podadoras
	Pulidoras
Soldadoras	
Audio y Video	Accesorios Varios De Audio Y Video
	Amplificadores
	Antenas
	Auriculares
	Barras De Sonido
	B-Ray
	Cámaras
	Cobertores De Tv
	Cobertores Para Televisores
	Controladores
	Controles Remotos
	DVDs
	Estuches de cámara
	Filmadoras
	Kits De Audio Y Video
	Luces Led
	Microcomponentes
	Micrófonos
	Minicomponentes
	Parlantes
Radios	
Reproductores de sonido	
Reproductores para vehículos	

Audio y Video	Soportes de audio y video
	Teatro en casa
	Televisores
Herramientas	Accesorios varios de herramientas
	Alicates
	Cinceles
	Dados
	Destornilladores
	Discos De Corte
	Flexómetros
	Gata
	Hexagonales
	Kits de herramientas
	Lijadoras
	Llaves
	Martillos
	Niveladores
	Playos
	Rachas
	Rotomartillos
	Serruchos
	Sierras
	Taladros
Hogar	Accesorios de Baño
	Accesorios de Bebe
	Accesorios de cristal de cocina
	Accesorios de dormitorio
	Accesorios de limpieza
	Accesorios varios de cocina
	Accesorios varios de hogar
	Alfombras
	Alimentos y bebidas
	Almohadas
	Artículos De Playa
	Asadores
	Bowls
	Cantinas
	Cilindros De Gas
	Cobijas
	Colchones
	Cortinas
	Cuadros
	Edredones
	Equipos Deportivos
	Estantes para baño

Hogar	Floreros
	Kits de cocina
	Linternas
	Luminarias
	Manteles
	Ollas
	Porta cepillos
	Protectores de colchones
	Recipientes plásticos
	Refractarios
	Relojes de pared
	Ropa
	Sábanas
	Sartenes
	Suministros de impresión
	Tablas De Planchar
	Toallas De Baño
	Vajillas
	Aparadores
	Muebles
Cajas plásticas	
Cajoneras plásticas	
Camas	
Centros De Entretenimiento	
Cestas	
Cobertores De Muebles	
Cojines	
Cómodas	
Escritorios	
Escritorios	
Literas	
Mesas	
Modulares	
Modulares de plástico	
Muebles de bar	
Muebles de comedor	
Muebles de dormitorio	
Muebles de oficina	
Muebles de plástico	
Muebles de sala	
Organizadores	
Rack para Tv	
Recibidores	
Roperos	

Muebles	Sillas
	Sillones
	Sofás
	Tachos
	Veladores
Tecnología	Accesorios varios de tecnología
	Adaptadores
	Baterías
	Cables HDMI
	Cables para cargadores
	Computadoras de escritorio
	Controles de PS
	Disco duro
	Extensiones
	Kits de tecnología
	Laptops
	Mochilas para laptops
	Monitores
	Mouses
	Reguladores
	Supresores de picos
	Teclados
	Teléfonos
	Ups
	Movilidad
Accesorios de vehículos	
Bicicletas	
Cascos	
Equipos de motociclistas	
Gafas	
Gafas de motociclista	
Guantes	
Guías direccionales	
Impermeables	
Llantas	
Motores	
Motos	
Reproductores para vehículos	
Repuestos de vehículos	

Apéndice C. Layout de bodega del nuevo CEDI en AutoCAD

